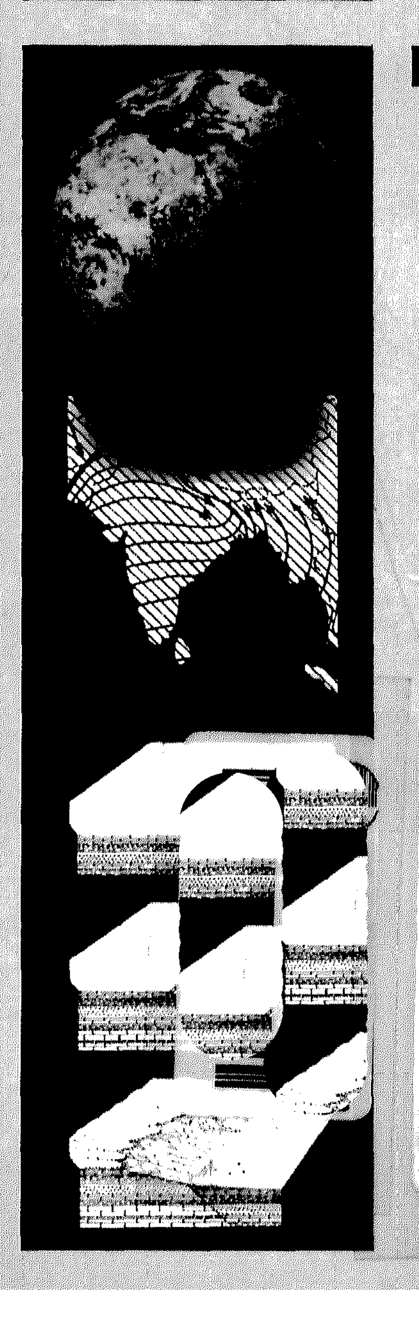
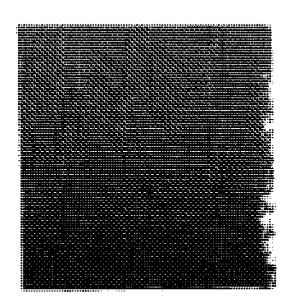


دكتور صلاح الدين بحيري
أستاذ الجغرافيا بجامعة قطر

مبادئ الجغرافيا الطبيعية





بسم الله الرحمن الرحيم

مبادئ

الجغرافيا الطبيعية

دكتور صلاح الدين بحيري
أستاذ الجغرافيا بجامعة قطر

مبادئ الجغرافيا الطبيعية

دار الفكر المعاصر
بيروت - لبنان

دار الفكر
دمشق - سورية

الرقم الاصطلاحي: ٠٤٥٦,٠١١
الرقم الدولي: ISBN: 1-57547-323-2
الرقم الموضوعي: ٩٦٠
الموضوع: جغرافية عامة
العنوان: مبادئ الجغرافية الطبيعية
التأليف: صلاح الدين بحيري
الصف التصويري: دار الفكر - دمشق
التنفيذ الطباعي: المطبعة العلمية - دمشق
عدد الصفحات: ٣٢٠ ص
قياس الصفحة: ١٧×٢٥ سم
عدد النسخ: ١٠٠٠ نسخة

دار الفكر بدمشق
برامكة مقابل مركز الانطلاق الموحد
ص.ب: (٩٦٢) دمشق - سورية
برقياً: فكر
فاكس ٢٢٣٩٧١٦
هاتف ٢٢٣٩٧١٧، ٢٢١١١٦٦
http://www.Fikr.com/
E-Mail: Info @Fikr.com

إعادة
1417هـ = 1996م
ط1: 1978

مقدمة

تجنح الدراسات الجغرافية في الوقت الحاضر لاتباع منهج كمي احصائي صبغ كافة مجالات البحث في معظم مدارس الجغرافيا حول العالم ، تلك سنة هـذا العصر التي حدت بالدارسين لأن يتخذوا من الرقم والمنحنى البياني والمعادلة الرياضية لغـة لهـم ، لدعم الحقائق الجغرافية التي يتوصلون اليها من خلال دراساتهم لرقاع مجهرية من سطح الارض ، أو لقطاعات ضيقة محـدودة من المركب الجغرافي المعقد الذي يتالف من عشرات الظاهرات المتشابكة على هذا السطح • ومن ثم أصبح الجيل الجديـد من الجغرافيين ينظر الى الجيل السابق على أنه جيل تقليدي ، لا ياخذ مثلهم بلغة العلوم الحديثة ، لغة الرمـز والمعادلة والاحصاء ، غير أن نتائج البحث في كلتا الحالتين تكاد تكون متطابقة ، حتى ليقتصر الفرق بين الأمس واليوم على مجرد أسلوب المعالجة ووسائلها ، فهي اليوم أكثر أناقة وايحـاء بالدقة التي يبعثها الرقم في نفس القارىء أو الباحث •

ولكن اذا كان هذا الاتجاه الحديث أمـرا محمودا فيما يتعلق بالدراسات المتخصصة ، والابحاث المتعمقة ، فان ارساء قواعد المعرفة الجغرافية العامة لدى المبتدئين شيء جديـر بكل اعتبار ، لذلك ما برحت كل مدارس الجغرافيا تعلم طلابها في مراحلهم الاولى شيئا عن مبادىء الجغرافيا العامة ، في المجالين الطبيعي والبشري ، على نفس النسق الذي كان قائما منذ عشرات السنين ، وسوف يستمر هـذا الاتجـاه ويبقى مهمـا تطورت أساليب البحث ، ومهما تقلبت مناهجه • وتطالعنا مطابع الغرب بين الحين والآخر بكتب تعالج تلك الجوانب في مقدمات تعرض نفس المعلومات الدارجة بوسائل مستحدثة •

من هذا المنطلق فانه لا غنى عن المنهج الوصفي التعليلي وتطويره حتى يمكن ايصال المعرفة الجغرافية العامـة للأذهـان الناشئة ، فبدون الاسس والقواعد لا يمكن أن ينهض الصرح ، أو تستقر الأصول عند المستجدين من طلاب المـادة ، والكتاب الذي بـين أيدينا الآن يعالج تلك الأسس بشيء من الاقتضاب ، وقد وضع لكي يستفيد منه الطالب كبرنامج عام ، سواء تخصص في الجغرافيا بعد ذلك او لم يتخصص • ورغـم الجهود المشكورة التي

بذلها بعض الزملاء في هذا المجال ، فما زال بالمكتبة الجغرافية العربية متسع لاستيعاب مثل هذا الكتاب ، على الأقل لمجرد تنويع المصادر أمام القارىء في ميدان الجغرافيا الطبيعية ٠

وغني عن البيان القول بأن الجغرافيا الطبيعية مادة تقوم على شرح الحقائق العلمية، مما يستدعي من الطالب بذل المزيد من الجهد في استيعاب تفصيلاتها ، لذلك كان لابد من أن يكتب المتن باسلوب سهل مشوق ، كما شفع السياق في المواضع المناسبة باشكال توضيحية تعين القارىء على فهم فحواه ٠ ولا ندعي أننا قد أحطنا بكل أسس المادة ، أو أننا قد جمعنا العلم من أطرافه ، فهناك موضوعات كثيرة مما يدخل عادة ضمن اطار الجغرافيا الطبيعية ، رؤي عدم الخوض فيها ، اما تجنبا لتضخم حجم الكتاب وتجاوزه للمقنن الزمني المفروض لهذا المساق ، أو لكون بعض الموضوعات مما يدرس بتفصيل أكثر في برامج أعلى من مستوى المبادىء ٠ فعلى سبيل المثال يتعرض الكتاب لعناصر الطقس والمناخ فحسب ، دون معالجة التصنيفات المناخية المختلفة ، وما يتمخض عنه كل تصنيف من تقسيم للعالم الى أقاليم مناخية خاصة ٠ كذلك الحال بالنسبة لموضوع التربة والنبات ، فقد اكتفينا في معالجتهما بذكر شيء عن العموميات الشاملة ، أما التفصيل فمن شأن دراسات أكثر استفاضة وتحليلا ٠

سوف يتضح للقارىء اننا استعنا بكثير من المصادر العربية والاجنبية التي تعالج نفس موضوعات هذا الكتاب ، وقد آثرنا عدم ذكر هذه المصادر في الحواشي نظرا لان المادة المستقاة منها هي من قبيل المعلومات « المدرسية » المبذولة ، التي ليس فيها من الاصالة ما يحتم ذكر المصدر ٠ ولا يقتصر هذا على المتن فحسب ، بل ان معظم الاشكال قد نقلت عن هذه المصادر بشيء من التصرف ٠ وشفيعنا في هذا كله أن مواضيع الكتاب كانت محاضرات ألقيت على طلاب بداية المرحلة الجامعية لعدة سنوات ، وتم تجميعها وتنسيقها لتظهر بهذه الصورة ، آملين أن تكون أشمل افادة للطالب والقارىء العادي على حد سواء ٠

أود هنا أن أزجي الشكر للسيد يوسف عبيد رسام قسم الجغرافيا بالجامعة الأردنية على تفضله برسم معظم أشكال الكتاب ، وكذلك السيد محمود آدم الذي أسهم برسم بعض الاشكال ، كما قامت مشكورة الآنسة منى أبو الفيلات سكرتيرة قسم الجغرافيا بالجامعة الاردنية بكتابة مسودة المتن على الآلة الكاتبة ٠

أسأل الله التوفيق والسداد ٠

دكتور صلاح الدين بحيري

عمان في ١٩٧٦/١٢/٢٥

الفصل الأول

الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية

يعيش الانسان في حيز محدود للغاية من كوكبنا الأرضي ، حين لا يعدو كونه قشرة رقيقة جداً من سطحها الخارجي ، وهو حيز يغلفه غشاء غازي هو الهواء اللازم لكافة صور الحياة ، ولكن حتى هذه القشرة الخارجية ، ليست بأكملها بيئة صالحة لمعيشة الانسان ، فالانسان انما يدرج على قطع متفرقة من سطح الكرة الأرضية لا تشكل مجتمعة سوى كسر ضئيل من مجموع مساحة هذا السطح البالغ ٥١٠ مليون كيلومتر مربع ، وذلك في أجزاء تبرز فوق المستوى العام للغلاف المائي من محيطات وبحار كبرى ، أي أن هذه الأجزاء تعد بمثابة جزر متناثرة في اللجة نطلق عليها اسم القارات ٠

والواقع أن الانسان ربما استطاع أن يتجاوز السطح الخارجي لهذه القشرة حينما حفر فيها الأنفاق العميقة ليستخرج مكنون الباطن من معادن ومواد ذات نفع له ، كذلك ربما استطاع الانسان بما يملك من وسائل أن يتجاوز القشرة الخارجية في اتجاه مضاد مستخدما الفلاف الغازي المحيط بكوكبنا في أسفاره ، ولكن مع هذا ظل الانسان عالقا بسطح الأرض وقشرتها الخارجية ، فأعمق أنفاق المناجم المستغلة اقتصاديا في الوقت الحاضر لا يتجاوز بعده ثمانية كيلومترات تحت السطح ، بينما أعلى المستويات التي يستخدمها الانسان في حركته بعيدا

عن السطح هي في حدود خمسة وأربعين كيلومترا وذلك في الطيران العالي - بغض النظر طبعا عن تجارب مركبات الفضاء حاليا ·

بمعنى آخر فان الحيز الفعلي لنشاط الانسان يكاد يكون محصورا في نطاق سمكه أكثر قليلا من خمسين كيلومترا حول سطح هذا الكوكب ، وهو الحيز الذي يخبره الانسان ويتعامل معه بطريقة مباشرة ، ولكن مع هذا فان استمرار الجهود بالتعمق أكثر فأكثر نحو باطن الارض ، أو بالبعد أكثر فأكثر عن سطحها بالتعمق في الفضاء ، هذه الجهود المتواصلة الدائبة تنمي باستمرار الحيز الحيوي لمجال نشاط الجنس البشري ، وتزيد من فرص الاستغلال والانتشار في اتجاه رأسي ، وفي هذا تكرار لما فعله الانسان من قبل ولكن في اتجاه آخر ، فمنذ أقدم العصور تمكن الانسان من توسيع مجال حركته ومد حيز معيشته أفقيا بالانتشار على سطح الكرة ، واستكشاف أرجائها التي ظل بعضها مجهولا لنا حتى الآن · ولكن بالرغم من هذه المحاولات الناجحة ظلت البيئة التي يعيش الانسان في كنفها محدودة بحيز صغير ، فيه تتركز المصادر الحيوية الحية من المملكتين النباتية والحيوانية ، فضلا عن المصادر الاخرى غير الحية من معادن وأملاح وسوائل وغيرها ·

أحد مرامي علم الجغرافيا الهامة هو تصوير هذه البيئة المحدودة التي تضم الانسان ، وتبيان العلاقات المتبادلة بين عناصرها وبينه ، هذه البيئة التي تضم العديد من العناصر المتشابكة ، بعضها طبيعي كالماء والارض والهواء والتربة والحياة النباتية والحيوانية والمعادن ، أو بمعنى آخر هي جميع العناصر الطبيعية باستثناء الانسان نفسه · وبعضها من صنع البشر كمراكز العمران ، وشرايين المواصلات البرية والحديدية ، والمزارع والمصانع ، وكل ما استحدثه الانسان على سطح هذه الارض من معالم ·

ويحسن أن نشير هنا الى أن الانسان قد تعلم فتمكن من احداث تغييرات مختلفة في بعض عناصر البيئة لتلائم بطريقة أفضل أغراض

حياته ، من ذلك مثلا مـا أحدثه من تغيير في المملكة النباتية والحيوانية حينما استأنس بعض أفرادها وهجن البعض الآخـر لخدمـة أغراضه في الحصول على موارد ثابتة لغذائه ، كذلك اكتشف الانسان الري كوسيلة للزراعة فحوّل المياه من الأنهار أو الأعماق الى حقوله ومزارعه ، وحصل على الوقود والطاقة من الخشب والفحم والزيت . ولكن مـع هـذا فان بعض العناصر الطبيعية مـا زالت بعيدة عن متناوله ، تحـد من نشاطه وتفرض عليه اطارا معلوما على الأقل في مراحل تاريخية حسب قدراته ومعرفته وتطور وسائله وعلومه ، فعلى الرغم من أن الانسان تمكن من استغلال الجو في الملاحة وأعمال النقل ، فانه لا يستطيع أن يحيا في الهواء الى ما لا نهاية ، اذ لابد أن يعود هابطـا مـرة أخرى الى سطح الارض . معنى ذلك أن الانسان قـد تمكن من تعديـل أو تحوير بعض العناصر الطبيعية لبيئته بدرجات متفاوتة ، ولكن بالرغم من هـذا ظلت بعض العناصر الاخرى لم يتناولها بالتغيير ، حتى ليمكن القول بأنـه ما زال يخضع لها خضوعا تاما ، وتلك أمور شغلت بال الجغرافيين ردحا طويلا من الزمـان .

الملامح الرئيسية لكوكب الارض

يركز علم الجغرافيا بشتى فروعه بؤرة اهتمامـه علـى الارض ، وبصفة خاصة سطحها الخارجي وما عليه ولكن لما كان الانسان في سعي دائـم لاستكشاف الفضاء المحيط بكوكبه ، في محاولـة لزيـادة الفهـم بالعناصر المؤثرة في بيئته ، وفي نفس الوقت لتوسيع حيز هـذه البيئة ، فانه من المفيد في دراستنا الراهنة الالمام بموقع الارض من هذا الفضاء، خاصة في نطاق المجموعـة الكوكبية التي تنتمي اليهـا ، ونعني بذلـك المجموعة الشمسية . فعلى الرغـم من أن الكرة الارضية تبدو لنا شيئا هائلا عظيم الأبعـاد ، رحيب السطح ، فانهـا في الواقـع ليست الا فردا متواضعا من أفراد المجموعـة الشمسية ، وفي الوقت نفسه فان النجـم الأعظم الذي تتمركز حوله كل هـذه المجموعة ، ونعني بذلك الشمس ،

فانها وما يتبعها من كواكب سيارة وتوابع ممثلة في الاقمار ، ليست سوى احدى المجموعات النجمية التي لا تحصى ، والتي يزخر بها فضاء الكون الرحيب .

الشمس

جسم غازي كروي جسيم ، يبلغ حجمه نحو ١٫٣ مليون مرة حجم الكرة الارضية ، ولكي نتخيل أبعاد كتلتها الهائلة ، فاننا اذا فرضنا وكانت الشمس كرة جوفاء ووضعت الارض بداخلها في موضع المركز لكان بعد سطح الارض عن سطح الشمس نحو ٦٩٥٫٠٠٠ كيلومترا ، أو بعبارة أخرى فان القمر سوف يقع في منتصف المسافة تقريبا بين سطح الارض وسطح الشمس من الداخل ، ويبلغ قطر الشمس ١٫٣٨٠٫٠٠٠ كيلومترا . وبرغم هذا الحجم الهائل ، فالشمس نجم متواضع الكتلة ، بالقياس الى معظم النجوم العملاقة ، وتتم الشمس دورتها حول نفسها مرة كل شهر واحد تقريبا .

والشمس هي النجم الوحيد المضيء من تلقاء نفسه في مجموعتنا الشمسية ، فهي مصدر الضوء والحرارة لبقية أفراد المجموعة المكونة من كواكب معتمة . ويعتقد بأن الطاقة الحرارية للشمس مصدرها تحول جزئيات الهيدروجين الى هيليوم بمعدل أربعة ملايين طن في الثانية ، وتقدر حرارة السطح الخارجي للشمس بنحو ٧٠٠٠° م ، وهذا السطح هو مصدر الطاقة الجبارة التي تستمد منها الكواكب ضوءها وحرارتها ، ولهذا فان مبلغ ما يتلقاه كل كوكب من هذه الطاقة يتوقف على حجمه وبعده عن الشمس ، وحركته ، وطبيعة مكوناته ، وما يحيط به ، ولهذا كان حجم الارض وموقعها من المجموعة الشمسية وحركتها حول نفسها من ناحية ، وحول الشمس من ناحية أخرى ، ثم طبيعة غلافها الغازي ، كلها أمور ذات أهمية بالغة في تحديد نوعية بيئتها الطبيعية ، ومن ثم كانت أهميتها لدارس الجغرافيا .

الكواكب

يدور حول الشمس في مدارات دائرية تقريبا تسعة كواكب سيارة ثابتة البعد عن الشمس بفضل قوتين متعارضتين الاولى هي قوة الجاذبية Gravitational attraction والثانية قوة الطرد المركزية centrifugal force ,

قوة الجاذبية

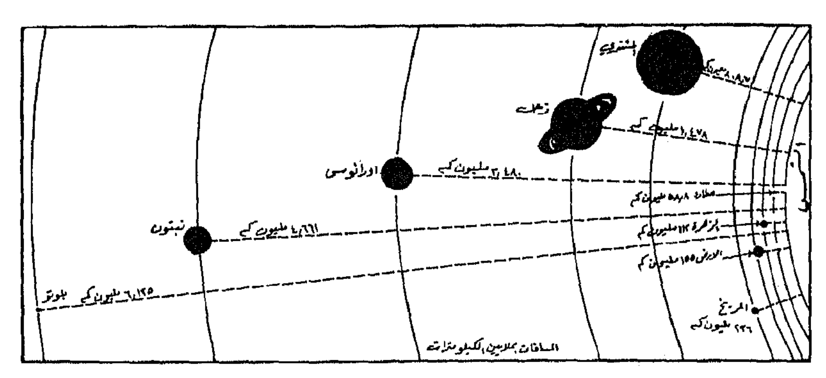
تخضع جميع كواكب المجموعة الشمسية لقوة جذب لا فكاك منهـا ، لوقوعها فيمجال جاذبية الشمس ، هذه القوة هي التي تحفظ الكواكب من أن تتبعثر في الفضاء هائمة بغير ضابط ، أثناء دورانها في أفلاكها . نفس قوة الجاذبية التي تفرضها الارض أيضا هي التي تحفظ القمر في موضعه في مـدار مرسوم حول الارض ، بدلا من أن يطـير في الفضاء في مسار عشوائي كذلك الذي تتبعه بلايين الشهب الهائمة .

وقوة جاذبية الارض شيء ملموس لنا ، فمياه البحـار ، والصخور السائبة ، والاجسام المتحركة ــ ومنها الانسان أيضا ــ تبقى على ظهـر الارض بفضل هذه القوة ، التي لولاها لما أمكن للارض أن تحتفظ بشيء مما على أديمها . ولما كان كـل جزئين من المـادة يتجاذبان بمعدل مساو لكتلة كل منهما ، ومربع المسافة بينهما ، فان الشمس التي تكبر كتلتها الارض بأكثر من مليون مرة ، فضلا عن كتلة باقي الكواكب ، لتجـذب هذه الكواكب نحوها ، ولكن الكواكب بدلا من أن تهوي الى سطحالشمس تبقى في أفلاكها ، بفضل القوة الاخرى ، ونعني بها قوة الطرد المركزية .

قوة الطرد المركزية

هذه القوة بعكس ما سبق ، تسبب تطاير الاجسام بعيدا عن مركـز حركة الدوران لأي شيء يدور بسرعة حول نفسه ، تمامـا كما يحدث لحبات السكر في آلة صنع غزل البنات . ولمـا كانت الكواكب أجسامـا سيارة ، تدور حول الشمس ، فانه ينتج عن هذا الدوران قوة طرد كبيرة

تدفع بها بعيدا عن مركز المجموعة ، أي بعيدا عن الشمس . ولكن نتيجة لتصارع وتعادل قوة الطرد هذه مع قوة الجاذبية التي تفرضها الشمس على جميع كواكب المجموعة ، فان الكواكب تحتفظ بأوضاعها النسبية حول الشمس . وبعبارة أخرى لو فاقت قوة الطرد قوة الجذب ، لتبعثرت الكواكب في الفضاء ، كما أن قوة جذب الشمس لو كانت أقدر من قوة الطرد ، لالتصقت الكواكب بسطح الشمس .



شكل (١) المجموعة الشمسية

بعض الحقائق عن كواكب المجموعة الشمسية

أقرب الكواكب للشمس هو عطارد الذي يبلغ معدل نصف قطر مداره أو فلكه ، أي بعده عن الشمس ، نحو ٦٠ مليون كيلومترا ، يلي ذلك بعدا عن الشمس كوكب الزهرة الواقع على مسافة ١١٠ مليون كيلومترا من الشمس ، فالارض على بعد ١٥٠ مليون كيلومترا . هذا بينما يبلغ بعد أقصى الكواكب في المجموعة الشمسية عن الشمس ونعني بذلك كوكب بلوتو نحو ٥٩٠٠ مليون كيلومترا ، أي ما يزيد على ٣٩ مرة بعد الارض عن الشمس (شكل ١) .

وفيما يلي جدول يبين الأبعاد النسبية للكواكب عن الشمس وأحجامها باعتبار بعد الارض وحجمها وحدة واحدة :

الكوكب	المسافة من الشمس	القطر	الكتلة	الكثافة	الاقمار
الشمس	—	١٠ر١٠٩	٠٠ر٠٠٠ر٣٠٠ر١	٤ر١	—
عطارد	٣٩ر٠٠	٣٩ر٠٠	٠٦ر٠٠	٤ر٣	—
الزهرة	٧٢ر٠٠	٩٧ر٠٠	٩٢ر٠٠	٩ر٤	—
الارض	٠٠ر١	٠٠ر١	٠٠ر١	٥ر٥	١
المريخ	٥٢ر١	٥٣ر٠	١٥ر٠	٩ر٣	٢
المشتري	٢٠ر٥	٩٥ر١٠	٠٠ر٣١٢ر١	٤ر١	١٢
زحل	٥٤ر٩	٠٢ر٩	٠٠ر٧٣٤	٧ر٠	٩
يورانوس	١٩ر١٩	٠٠ر٤	٠٠ر٦٤	٣ر١	٥
نبتون	٠٧ر٣٠	٩٢ر٣	٠٠ر٦٠	٦ر١	٥
بلوتو	٤٦ر٣٩	٥١ر٠؟	١٣ر٠٠؟	؟	؟

وللدلالة على الأبعاد والمسافات الهائلة الواردة بالجدول السابق يكفي أن نذكر بأن طائرة نفاثة تطير بسرعة ٨٠٠ كيلومترا في الساعة ، يلزمها أكثر من ٢١ سنة من الطيران المستمر لكي تقطع المسافة بين سطح الارض وسطح الشمس ، أما المسافة بين بلوتو والشمس فتقطعها هذه الطائرة في ثمانية قرون ونصف قرن . واذا أخذنا معيارا آخر ، ونعني بذلك سرعة سريان الاشعة الضوئية التي تبلغ نحو ١٨٦ ألف ميل (٣٠٠ ألف كيلومتر) في الثانية ، فان أشعة الشمس يلزمها ثمان دقائق لكي تقطع المسافة بين مصدرها وسطح الارض ، وما يقرب من خمس ساعات ونصف لتصل من الشمس الى سطح بلوتو أبعد كواكب المجموعة .

على الرغم من أن عطارد هو أصغر الكواكب حجما ، فانه بحكم موضعه كأقربها الى الشمس ، نجده يتلقى أعظم قدر من الطاقة الحرارية. أضف الى هذا أن حركته حول الشمس تجعل أحد وجهيه فقط معرضا لها

طول الوقت ، بينما الوجه الآخر معتم ، مما يؤدي الى شدة ارتفاع الحرارة بشكل مخيف على الجانب المواجه للشمس ، وانخفاضها بشكل مروع على الوجه الآخر . لهذا كانت الحياة في جميع صورها غير موجودة على هذا الكوكب بالشكل الذي نألفه على أرضنا . وعلى النقيض من ذلك فان كوكب المشتري أكبر الكواكب ، والذي يزيد حجمه عن ١٣٠٠ مرة حجم الارض ، نجده من البعد السحيق عن الشمس ، بحيث يتلقى من الطاقة الشمسية قدرا ضئيلا ، لا يرفع من درجة حرارة أعلى بقاع سطحه حرارة ، بالقدر الذي تصل اليه أدنى درجات الحرارة في أبرد بقعة من بقاع سطح الارض . أما الارض ، فلها من موقعها وحجمها ما يضمن توافر طاقة حرارية على سطحها بالقدر المعقول ، الذي كان ولاشك سبب ازدهار صور الحياة على ظهرها على نحو ما نلمس .

وتتمتع جميع كواكب المجموعة الشمسية بأغلفة غازية حولها ، فيما عدا أصغرها عطارد وبلوتو ، والغلاف الغازي حول الارض هو الوحيد الذي نعرف عنه بعض الحقائق ، أما الاغلفة الغازية التي تحيط بالكواكب الاخرى ، فما زالت موضع دراسة ، خاصة وأن الحضارة الانسانية قد دخلت الان مرحلة استكشاف الفضاء تمهيدا لغزوه . ويعتقد أن الشطر الأكبر من الغلاف الغازي المحيط بكوكب الزهرة يتألف من غاز ثاني أكسيد الكربون ، الذي يحمل كميات كبيرة من الغبار يبدو على هيئة سحب بيضاء تدثر هذا الكوكب . أما الغلاف الغازي للمريخ ، فيعتقد أنه فضلا عن النسبة الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون به ، الا أنه يشتمل على النيتروجين ، وما زال أمر وجود حياة نباتية على ظهر هذا الكوكب مسألة تشغل بال العلماء ، ولكن لم يثبت حتى الان بصفة قاطعة وجود الأكسجين الحر بغلاف المريخ ، وهو العنصر الهام للحياة على الارض ، كل ما أثبتته مركبة الفضاء الامريكية مارينر ١ و ٢ هو وجود اكسجين ناتج عن تفاعلات كيماوية من تحليل عينات التربة .

باستثناء عطارد والزهرة وبلوتو ، تتمتع بقية كواكب المجموعة

الشمسية بأقمار أو توابع تدور حولها ، فللأرض واحد ولنبتون اثنان ، وللمريخ قمران ، وخمسة أقمار لأورانوس ، وتسعة أقمار لزحل ، واثنا عشر قمرا للمشتري . وعلى هذا الاساس يمكن القول بأن الاقمار التابعة لهذه الكواكب ، يقل عددها ويكبر حجمها في اتجاهين مبتعدين عن المشتري . بالاضافة الى ما سبق تشتمل المجموعة الشمسية على عدد لا يحصى من الأجرام السماوية الصغيرة المعروفة باسم الشهب أو النيازك التي تتخذ في الفضاء مدارات غير محددة ، ولذا فانها قد تقع أثناء تجوالها في نطاق جاذبية أحد الكواكب ، فتهوي اليه على نحو ما نشاهد بالنسبة للارض ، ولكن من حسن الحظ ، أن هذه الأجرام تلتهب وتضيع هباء حالما تدخل الغلاف الغازي للارض ، بسبب الحرارة الناتجة عن شدة احتكاكها بالهواء ، فتضيف بذلك الى نسبة الغبار الكوني ، الذي يتساقط فيما بعد على الارض ، ويقدر نصيب الارض من هذه المواد بنحو عشرين ألف طن تضاف الى وزنها سنويا .

وقمرنا التابع لكوكبنا الارضي محدود الابعاد ، فقطره الاستوائي ٢٨٪ من قطر الارض ، ومساحة سطحه ٧٫٤٪ من مساحة سطح الارض ، في حين أن كتلته ١٫٢٪ من كتلة الارض ، ومن ثم كانت جاذبيته ١٦٫٥٪ من جاذبية الارض . وبسطحه فوهات اما نتيجة براكين ، أو بسبب ارتطام الشهب به ، يبلغ عدد الكبير منها ثلاثمائة ألف فوهة على الجزء المرئي من القمر ، وتغطي سطحه مناطق سوداء تدعى البحار عددها حوالي ٣٠ على الجزء المرئي أيضا ، وتشمخ أعلى جباله أحد عشر ألف متر ، وليس للقمر غلاف هوائي .

مما سبق يتضح لنا أن كوكب الارض يتمتع بالميزات الآتية داخل المجموعة الشمسية :

١ ــ عدم تطرف موقع الارض قربا أو بعدا عن الشمس أدى الى تلقيها قدرا معقولا من الحرارة ، يناسب قيام الحياة على ظهرها ،

بعكس عطـارد والزهـرة القريبين مـن الشمس ، أو نبتون وبلوتـو المتطرفين في البعد عنها .

٢ ـ دورة الارض حـول نفسها تساعد على تعرض كـلا وجهيهـا بالتساوي للطاقة الشمسية ، بعكس كوكب عطارد الذي يحترق أحـد وجهيه المواجه للشمس ، بينما يتجمد الوجه المقابل في الظل الدائم .

٣ ـ للأرض من حجمها مـا مكنها بفضل جاذبيتهـا من أن تحتفظ حولها بغلاف غازي ، يشتمل علـى الاكسجين وبخار المـاء ، وكلاهمـا ضروري للحياة .

نشاة الارض :

فيما يتعلق بنشأة الارض كفرد من أفراد المجموعة الشمسية ، هناك طائفة من النظريات التي يمكـن تقسيمهـا الى فئتين ، الواحـدة تقول بالأصل الواحـد لكافـة أفـراد المجموعة الشمسية ، والاخرى تدعـي تعدد النشأة .

الفئة الأولى : وتشمل ما يسمى بالنظرية السديمية للعالم الفرنسي لابلاس ، ونظرية الكويكبات لكل من توماس تشمبرلن وفورست مولتون ثم نظرية المد الغازي ، ونظرية السحب السديمية لفايزكر ، والسحب الغازية لاورى . وتذهب جميعا الى أن أصل المجموعة الشمسية واحد ، وأنها نشأت عن سديم ، وهو جسم غازي جسيم متوهج شديد الحرارة ، ولاسباب معينة انفصلت عن جسم هذا السديم كتل كونت الكواكب ، في حين بقي أغلبه متوهجا ، وهـو الذي يكـون الشمس الحالية ، وتختلف النظريات في كيفية الانفصال ، فبعضها يعزوه للبرودة والتقلص وسرعة الدوران بما يتيح قوة طرد مركزية ، تسبب انتفاخ النطاق الاستوائي من السديم الأصلي وتمدده خارجـا عن الجسم الأم ، حتى تنفصل عنه حلقة تلو حلقة بطريقة ذاتية ، وبعضها الآخـر يذهب الى أن الانفصال تم قسراً ، وبأسلوب مفاجىء عنيف ، نتيجة لعامل خارجي ، مؤداهاقتراب جرم سماوي عظيم من السديم ، فتفتق جسمه وانفصل الى كتل عـدة .

وتجمع هذه النظريات على أن الكتل المنفصلة أخذت تدور في الفضاء ، وتفقد حرارتها بالتدريج ، فتحولت الى أجسام سائلة ، وترتبت كثافاتها ثم بردت أكثر فتصلبت وأضحت أجساما معتمة ، خاضعة لجاذبية الكتلة المتبقية من السديم وهي الشمس .

لو كانت المجموعة الشمسية من أصل واحد ، فان معنى ذلك تشابه مركبات أفرادها ، وقد ثبت حديثا تشابه التركيب الصخري لوجه القمر والارض،كما أن بقايا الشهب المتهالكة علىالارض توضح وجود الحديد والنيكل بها ، وهما مادتان موجودتان على الارض ، أما مركبات بقية الكواكب الاخرى فما زالت موضع حدس وتخمين ، رغم بلوغ مركبات مارينر الامريكية سطح المريخ .

الفئة الثانية : وهي مجموعة من النظريات التي تفترض تعدد نشأة أفراد المجموعة الشمسية واختلاف أصولها ، ومن أقدم هذه النظريات ما نادى به العالم لوكيار ، الذي اعتقد بأن الكون مليء بالنيازك التياذا ما تجمعت بالصدفة وتصادمت ، توهجت ، ونشأ عنها سديم ، هذا السديم لا يزال يبرد ويتقلص بعد انتهاء التصادم حتى يتحول الى كوكب معتم ، فاذا ما تقابل كوكبان من هذا النوع جذب الكبير منهما الصغير ، فيصبح الاول شمسا ، والثاني كوكبا تابعا له . ولكن نظرية هذا شأنها من حيث الاعتماد على مبدأ الصدفة لا يمكن أن تلقى أدنى قبول ، فالصدفة العشوائية نقيض هذا التناسق الدقيق في الكون .

أما هويل في نظرية السوبر نوفا ، وراسل في نظرية الشمسالتوأمية، فيريان أن الكواكب السيارة نتجت عن انفجار نجم آخر كان موقعه بالقرب من شمسنا الحالية ، فتطايرت أجزاؤه في الفضاء ، ولم يبق منه سوى سحابة عظيمة من الغاز على هيئة قرص ، أخذ يدور مع الشمس من الغرب الى الشرق ، وقد انفصلت عن هذا القرص حلقات ، ومن بعض هذه الحلقات انفصلت حلقات أخرى ، كونت في مجموعها الكواكب وتوابعها من الاقمار بعد أن بردت وتصلبت .

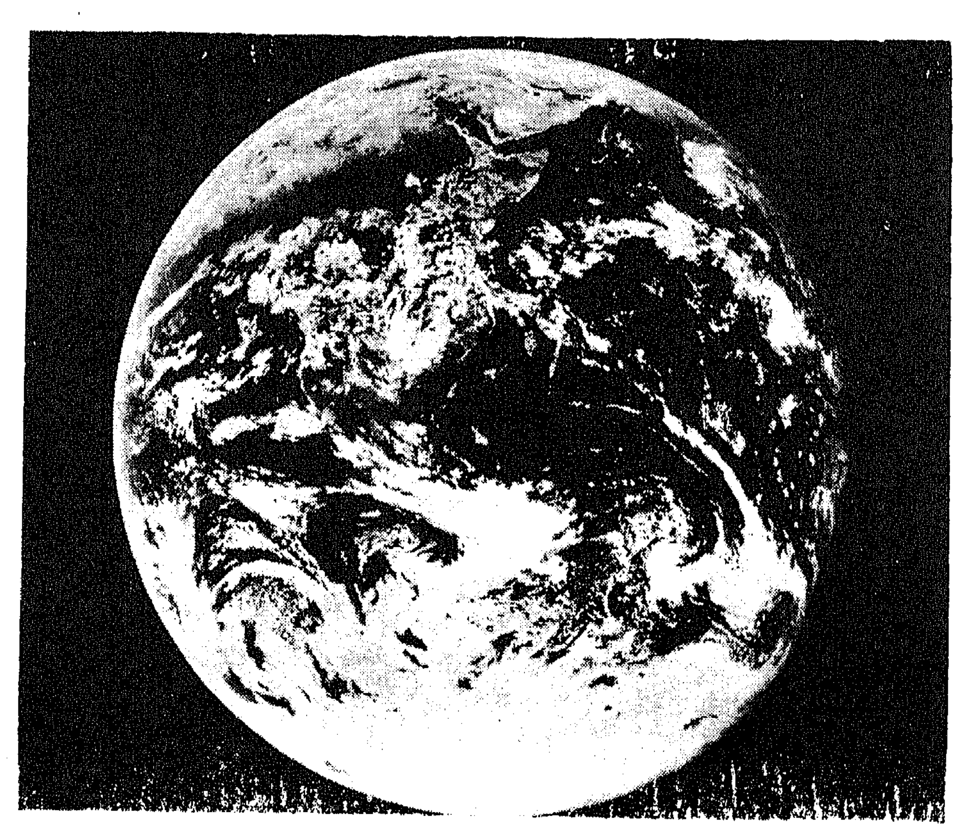
الفصل الثاني

شكل الأرض وأبعادها

لا داعي هنا لمناقشة الأدلة التقليدية ، التي تذكر عادة في معرض التدليل على كروية الارض ، ويكفي أن نشير الى بعض الصور التي التقطها رواد الفضاء في أمريكا والاتحاد السوفييتي ، على بعد كبير من سطح الارض ، ونشرت في كثير من صحف العالم والأطالس الحديثة ، ومنها يبدو بوضوح استدارة شكل الارض (شكل ٢) . على أن هذه الحقيقة التي نراها الآن بالعين ، كانت معروفة عند الاغريق القدماء منذ القرن السادس ق . م ، وللفيلسوف الاغريقي أرسطو وأتباعه بعد ذلك .

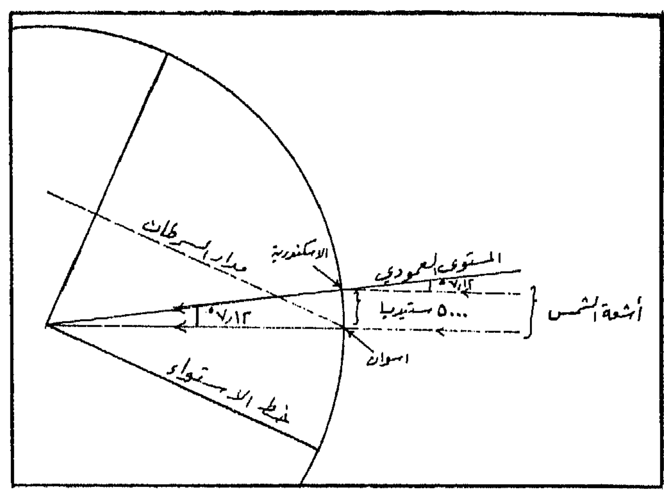
الا أن أول محاولة جدية لقياس محيط هذه الكرة أتت من مصر سنة ٢٠٠ قبل الميلاد على يد ايراتوستين Eratosthenes أمين مكتبة الاسكندرية ، مستخدما في ذلك مبدأ فلكيا سليما ، فقد لاحظ هذا العالم أن أشعة الشمس التي تسقط على سطح الارض بمنطقة أسوان على نهر النيل قرب مدار السرطان ٣٠َ ٢٣ْ وذلك ظهر ٢١ يونيو تكون عمودية تماما كما رآها في قاع بئر عميقة ذات جدران قائمة ، وبمعنى آخر أن الشمس في ظهر ذلك اليوم تكون في نقطة الذنب Zenith ومن ثم فان أشعتها تكون عمودية على سطح الارض في تلك البقعة وقت الزوال .

بينما في مدينة الاسكندرية حيث يعمل العالـم ، وفي نفس الوقت ، تكون أشعة الشمس عند الزوال مائلـة عـن الاتجـاه العمودي بمقدار ٧ ١٢ (شكل ٣) ، أي ما يعادل ١/٥٠ من محيط الدائرة ، أو بمعنى آخر أن المسافة بين أسوان والاسكندرية تعادل ١/٥٠ من محيط الكرة الارضية فاذا عرفنا المسافة بين المكانين بدقة ، وضاعفناها خمسين مرة ، نحصل بذلك على تقدير لمحيط الكرة الارضية . وقد وجد هذا العالم أن المسافة بين البقعتين تساوي خمسة آلاف ستيديا Stadia ، ومن ثم يكون محيط الكـرة الارضية حسب تقديره ٤٦٫٢٥٠ كـم ، باعتبـار الاستيديـا = ١٨٥ مترا .



شكل (٢) الارض من الفضاء

ولما كان محيط الكـــرة الارضية في الواقــع يقدر بنحو آربعين ألف كيلومتر ، فــان تقدير ايراتوستين يعتبر تقديرا دقيقا للغايــة بالنسبة لزمانه ، وربما كان الخطأ الذي وقع فيه ايراتوستين راجعا الى اختلاف المقاييس ، حيث أن الاستيديا وحدة قياس يونانية قديمة ، وما زال أمر تقديرها تخمينيا . وربما كان الخطأ أيضا راجعا الى تقدير ايراتوستين للزاوية ، فالفرق الحقيقي بين الاسكندرية وأسوان الحالية هو ٥٠ ٧° ، ثم انه اعتبر موقع أسوان على مدار السرطان ، في حــين أنهــا تقع الى الشمال من مدار السرطان بحوالي ٥ر٥٩ كيلومترا أي ما يعادل ٢٣َ .



شكل (٣) تقدير ايراتوستين لمحيط الارض

باتباع طريقة ايراتوستين يمكننا أن نقدر محيط الأرض بأن نرصد زاوية سقوط أشعة أي نجم في بقعتين متباعدتين علـــى سطح الارض في نفس الوقت ، وبحساب الفرق بين الزاويتين بالدرجات ، يمكن نسبة هذا الفرق الى مجموع زوايا الدائرة ، وبقياس المسافة بين البقعتين قياســا مباشرا ، يمكن تقدير محيط الارض . ومن المؤكد أن العرب اتبعوا هذه الطريقة في حساب أبعاد الارض ، ولكن لسوء الحظ أن وحدات القياس

التي استخدموها لا يمكن ترجمتها بدقة الى الوحدات القياسية المستخدمة حاليا .

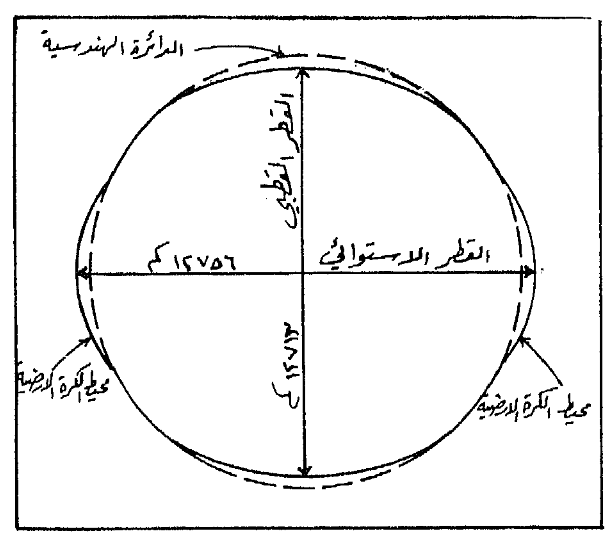
لنفرض الآن أن أشعة نجم ما تميل عن الاتجاه العمودي بمقدار درجة واحدة وست دقائق في النقطة أ ، وبمقدار ٤٢َ ٤ْ في النقطة ب الى الشمال من النقطة أ ، فيكون فرق الزاوية بين البقعتين = ٣٦َ ٣ْ ، أي ما يعادل ١/١٠٠ من محيط الكرة الارضية . فاذا كانت هذه المسافة = ٢٥٠ ميلا كان محيط الكرة الارضية بناء على ذلك = ٢٥٫٠٠٠ ميلا .

لكن ينبغي أن نلاحظ أن الارض ليست كرة هندسية تامة الاستدارة بل هي في الواقع شبه كرة ، وقد اكتشف ذلك العالم الفرنسي Jean Richer الذي أوفده لويس الرابع عشر الى احدى جزر غيانه الفرنسية ، لعمل مشاهدات فلكية سنة ١٦٧١ م ، فقد لاحظ هذا العالم بعد الوصول الى الجزيرة أن ساعته الدقيقة تقدم دقيقتين ونصف يوميا ، وسرعان ما عزى هذا الفرق الى تضاؤل جاذبية الارض نحو خط الاستواء ، بسبب بعد السطح عن المركز أكثر منه في الجهات الواقعة تجاه القطبين .

وقد أثبتت القياسات التي أجريت بعد ذلك أن سطح الكرة الارضية يميل الى الانبعاج قليلا حول خط الاستواء ، والى التسطح قليلا تجاه القطبين ، لذلك فان المقطع الطولي للكرة الارضية المار بالقطبين يبدو بشكل بيضاوي ، بدلا من الشكل الدائري المتوقع . ويرجع انبعاج الكرة الارضية عند خط الاستواء الى تأثير قوة الطرد المركزية الناجمة عن دوران الارض حول نفسها بسرعة ، مما يؤدي الى بروز نطاقها الاستوائي بعيدا عن المركز .

وقد تم التأكد من شكل الارض خلال النصف الاول من القرن الثامن عشر ، حينما أرسلت الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس بعثتين لاجراء دراسات في أنحاء مختلفة من الارض ، ويبلغ طول القطر الاستوائي للأرض نحو ١٢٫٧٥٦ كيلومترا في حين أن طول القطر القطبي أو ما يعبر عنه باسم المحور ١٢٫٧١٣ كيلومترا فقط ، أي أن الفرق = ٤٢٫٩ كيلومترا

وهذا يعادل نحو ١/٣٠٠ من القطر الاستوائي للكرة الارضية (شكل ٤).



شكل (٤) افتراق الشكل الارضي عن الكرة التامة

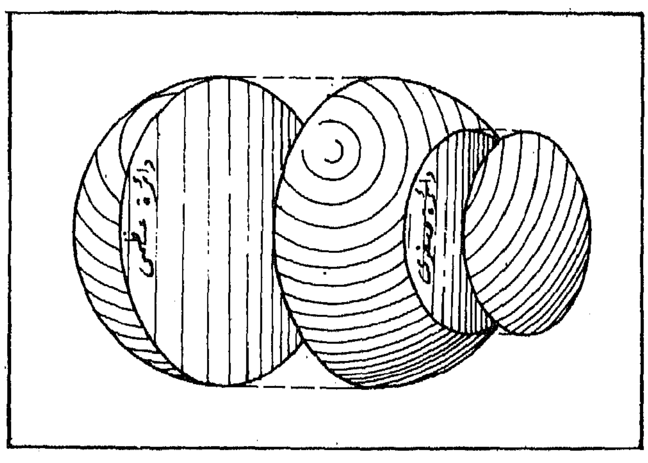
الدوائر العظمى والدوائر الصغرى :

اذا قسمنا كرة تامة التكور الى نصفين متساويين تماما ، فان المقطع لابد أن يمر بمركزها ، كما أن محيط هذا المقطع يكوّن أكبر دائرة يمكن رسمها على هذه الكرة ، وفي الوقت نفسه اذا قسمنا الكرة الى قسمين غير متساويين ، فان المقطع لن يمر بمركز الكرة ، ويكون محيطه بطبيعة الحال أقل طولا من الدائرة العظمى السابق ذكرها (شكل ٥) . لهذه الظاهرة أهميتها التي تبدو حين التعرض لأمور خطوط الطول ، والملاحة الجوية والبحرية ، وحين دراسة مساقط الخرائط والتوقيت . وأهم خصائص الدوائر العظمى ما يلي :

١ ــ أي دائرة عظمى هي أكبر دائرة يمكن رسمها على الكرة المعطاة.

٢ ــ المقطع الذي تحدده أية دائرة عظمى لابد أن يمر بمركز الكرة.

٣ ـ يمكن رسم عدد لا نهائي من الدوائر العظمى على سطح أية كرة.
٤ ـ دائرة عظمى واحدة فقط هي التي تمر بأي نقطتين على الكرة، الا في حالة ما اذا كانت هاتان النقطتان تحددان طرفي أحد أقطار الكرة ، فانه في هذه الحالة يمكن أن يمر بهما عدد لا نهائي من الدوائر العظمى . مثال ذلك نقطتا القطبين على الكرة الارضية .
٥ ـ اذا تقاطعت دائرتان عظميان نصفت كل منهما الاخرى .



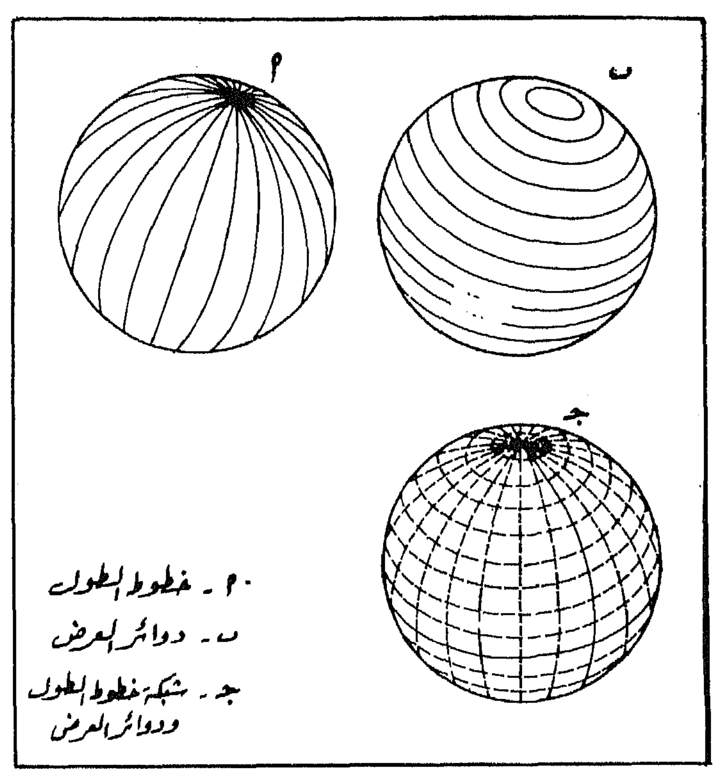
شكل (٥) الدوائر العظمى والصغرى

ينبغي أن نلاحظ في مناقشاتنا السابقة فيما يختص بالدوائر العظمى والصغرى ، ان هذا ينسحب فقط على الكرات الهندسية الحقيقية ، وفي حالة التطبيق على الكرة الارضية ، فان افتراق هذه الكرة عن الشكل الكروي الهندسي أو الشكل الحقيقي من القلة بحيث يمكن اهماله في المعتاد . وللخاصية التي أوردناها تحت رقم ٤ أهمية في الملاحة البحرية والجوية ، حيث تحدد الدوائر العظمى التي تمر بمحطة القيام أو بداية الرحلة ، وبمحطة الوصول أو نهاية الرحلة ، لكي تترسمها السفن أو الطائرات ما أمكن ، توفيرا للوقت أو الوقود .

ولذا نسمع الآن كثيرا عن الطيران عبر القطب الشمالي ، خاصة بين غرب أوروبا وأمريكا الشمالية ، فهنا تتبع خطوط الطيران دوائر عظمى، أو بمعنى آخر خطوط الطول المارة بالقطب اقتصادا للمسافة ، وهناك خرائط خاصة بالملاحة توضح عليها أقواس الدوائر العظمى بين الموانيء المختلفة بحيث تبدو على اللوحات المستوية كخطوط مستقيمة .

خطوط الطول ودوائر العرض :

تدور الارض حول نفسها على محور شمالي جنوبي (محور وهمي)، يحدد طرفاه نقطتا القطبين اللذان على أساسهما ترسم شبكة خطوط الطول ودوائر العرض .



شكل (٦) خطوط الطول ودوائر العرض

وتتألف هذه الشبكة من عدد من الخطوط الشمالية الجنوبية ، هي خطوط الطول ، وعدد آخر من الخطوط الشرقية الغربية ، تؤلف في مجموعها دوائر العرض (شكل ٦) .

خطوط الطول أنصاف دوائر تتفرع أو تلتقي في القطبين ، ويكوّن كل زوج متقابل منها دائرة كاملة أو بعبارة أخرى أحد الدوائر العظمى على سطح الارض .

أهم خصائص خطوط الطول واستخداماتها :

أ) جميعها تشير الى الاتجاه الشمالي الجنوبي الحقيقي .

ب) تتباعد هذه الخطوط الىأقصى حد عند خط الاستواء،وتتقارب تدريجيا بعيدا عنه ، حتى تلتقي جميعا في نقطتي القطبين .

جـ) لكل بقعة على سطح الارض خط طول أو درجة طول معينة .

خط الطول الرئيسي هو الخط المار بالمرصد الملكي البريطاني في جرينتش بالقرب من لندن ، ودرجته صفر ، وتقاس خطوط الطول الاخرى الى الشرق أو الغرب من هذا الخط وعددها ١٨٠° أو خطاً في كلا الاتجاهين . والطول الحقيقي لدرجة الطول ، أي المسافة بين كل درجتين متتاليتين ، تختلف باختلاف الموقع بعداً عن خط الاستواء ، ويمكن حسابها عند خط الاستواءعلىالنحو التالي: $\frac{\text{المحيط الاستوائي}}{٣٦٠°} = \frac{٢٤٩٠١٫٩٢}{٣٦٠°}$

= ٦٩٫١٧٢ ميل (١١١٫١٢٧ كم) الدقيقة = ١٫٨٥ كيلومترا ، والثانية = ٠٫٠٣ كم ، لكن بسبب تقارب درجات الطول سريعا شمالا أو جنوبا ، فان المسافة بين كل درجتين تقل كلما ابتعدنا تجاه القطبين ، حتى أنه على دائرتي العرض ٦٠° ش ، ج تصبح هذه المسافة نصف قيمتها على خط الاستواء ، أي أن البعد بين كل خطي طول عليها يصبح نحو ٣٤٫٥ ميل (٥٥٫٥٦٣ كم) فقط .

تستخدم خطوط الطول لقياس المسافات ، أو توقيع وتحديد مواضع

الاماكن المختلفة على سطح الارض ، سواء شرقي أو غربي خط الطول الأساسي المار بجرينتش ، ودرجته كما تعرف صفر . وتقدر هذه المسافات بالدرجات أو كسور الدرجات ، فاذا بعث ربان طائرة برسالة برقية تذكر أن طائرته تمر أثناء رحلتها في تلك اللحظة فوق درجة طول ٣٠° غربا ، كان معنى ذلك أن الطائرة على بعد ١/١٢ من محيط الكرة الارضية الى الغرب من خط الطول الرئيسي . وتنقسم كل درجة من درجات الطول ـ وكذلك درجات العرض ـ الى دقائق وثوان ، والدقيقة ١/٦٠ من الدرجة ، والثانية ١/٦٠ من الدقيقة ، فدرجة طول ١٢ درجة و ١٥ دقيقة و ٢٠ ثانية شرقا تكتب هكذا ٢٠´´ ١٥´ ١٢° شرقا .

تستخدم خطوط الطول كذلك في تحديد التوقيت ، ولا يمكن للشخص الذي يعيش عمره في مكان واحد لم يبرحه أن يلمس أهمية هذا العنصر ، حيث أنه حين ينظر ليجد الشمس تشرق ، أدرك أن الوقت صباحا ، فاذا ما بلغت الشمس في رحلتها الظاهرية اليومية أعلى بقعة في كبد السماء ، فقد صار الوقت ظهرا ، فاذا ما غربت الشمس ، أدرك أنه المساء وأن الليل قد أقبل .

هذا التتابع الذي عرضناه بصورة بسيطة للمواقيت هو نتيجة لدوران الارض حول نفسها أمام الشمس ، فلو كانت الارض كالكوكب عطارد تعطى دائما وجها واحدا للشمس ، لما نشأ هذا النظام الرتيب ، ولظل الوقت نهارا مضيئا على أحد وجهي الارض ، وليلا دائما على الوجه الآخر . ولكن تتابع التوقيت على النحو الذي نألفه من شأنه أن يجعل الوقت نهارا على أحد وجهي الارض ، وليلا على الوجه الآخر لمدة محدودة ، ليعود فيتبادل الوجهان موقعهما . بمعنى أنه اذا كان الوقت ظهرا ، أي منتصف النهار بمدينة الدوحة ، كان الوقت تمام منتصف الليل على البقعة التي تقابل موقع الدوحة على ظهر الكرة الارضية من الجانب الآخر والعكس . ولما كانت الارض تدور تجاه الشرق ، أي أن الصباح يأتي أولا من هذا الاتجاه ، فان الشروق في مدينة الدوحة سابق على

الشروق في مدينة عمان ، وفي هذه الاخيرة يكون الشروق سابقا على الشروق بالقاهرة وهكذا .

هذا ما يعبر عنه بفارق التوقيت الذي يمكن أن نلمسه اذا تتبعنا أذان المغرب في الدول العربية على المذياع ، وحتى في الدولة الواحدة المحدودة هناك فرق في التوقيت بين بقعة وأخرى ، فأذان المغرب بمدينة عمان سابق عليه بمدينة القدس الى الغرب من عمان . ولكن من الواضح أننا اذا ضبطنا الساعة بكل من هذه البقاع لتناسب وقت الزوال الحقيقي بكل منها ، كان معنى ذلك فوضى في التوقيت ومواعيد العمل لا يمكن ادراك مداها .

واذا كان هذا هو الأمر بالنسبة لبلد محدود المساحة كبلدنا ، فان الفوضى تتضاعف عشرات المرات بالنسبة لبلاد مترامية كالهند ، أو الجزيرة العربية أو الولايات المتحدة . ومن الطريف أن نذكر بأن التوقيت في أرجاء الولايات المتحدة الامريكية ظل يتبع النظام المحلي لفترة طويلة من تاريخ تلك الامة البكر ، خلال مراحل استعمار قارة أمريكا الشمالية ، فكل مركز من مراكز العمران بها كان يضبط ساعاته وفقا لوقت الزوال الحقيقي للرقعة الارضية المحدودة التي يشغلها المركز مهما صغر ، ولم يكن في هذا ضير ، طالما كان كل مركز من هذه المراكز يعيش لنفسه ، في اطار صلات محدودة مع جيرانه ، قبل تقدم سبل المواصلات ووسائل الاتصال السريع من راديو وهاتف وبرق وغيره.

ولكن ابتداء من سنة ١٨٨٣ م بعد أن انتشرت السكة الحديدكوسيلة نقل بدلا من العربات التي تجرها الجياد ، وبعد استخدام البرق كوسيلة للاتصال السريع ، بات من الضروري تصحيح فوضى التواقيت المحلية ، فالمسافر بالقطار من شيكاغو الى سان فرانسيسكو ، كان عليه أن يضبط ساعته حسب التوقيت المحلي لكل محطة يمر بها ، وهي عشرات على طول الطريق . والمشرفون على ادارة خطوط السكة الحديد والحركة عليها في أنحاء البلاد ، كان من المستحيل عليهم تنظيم

جداول مواعيد قيام القطارات ووصولها ، وتلافي الفوضى التي لا يحمد عقباها في عمل كهذا ، لو أنهم اتبعوا المواقيت المحلية . نفس الشيء يمكن أن يقال عن الرسائل البرقية والهاتفية بين أنحاءالبلاد .

هذا مثال أوردناه لكي نوضح الحاجة الى عمل شيء آخر كبديل للتوقيت المحلي ، شيء ينظم التوقيت على أساس اقليمي أوسع من النطاق المحلي المحدود . ولهذا اتفقت شركات السكك الحديدية الامريكية في كافة أرجاء البلاد في سنة ١٨٨٣ على تبني نظام أسمته نطاقات التوقيت المنمط Standard time belts، وفي العام التالي لذلك التاريخ تبنت جميع أجهزة الدولة والافراد بأمريكا تلك الفكرة . ومن الولايات المتحدة شاعت الفكرة حتى عمت بقية أرجاء العالم .

وقد قسمت الولايات المتحدة الى أربعة نطاقات شمالية جنوبية ، ابتداء من ساحل الأطلنطي حتى ساحل المحيط الهادي ، واختار كل نطاق من هذه النطاقات الاربعة خط طول متوسط عمم وقت زواله على بقية أرجاء النطاق . وحدد عرض كل نطاق من الشرق الى الغرب بواسطة سرعة مرور الشمس في رحلتها الظاهرية على الارض ، وهي تعادل أربع دقائق للدرجة الطولية الواحدة ، أو بعبارة أخرى ساعة لكل ٥ درجة ، وعلى هذا الاساس حدد كل نطاق بواقع ١٥° طولية ، أو بمعنى آخر بساعة زمنية واحدة .

وقد تبنى كل سكان النطاق توقيت خط الطول الاوسط فينطاقهم ، ومن ثم اختزل تغيير المواقيت من صورة لا نهائية من حيث الاختلاف ، الى مجرد أربعة مواقيت محدودة بخطوط طول معينة واضحة بالولايات المتحدة . ولتوضيح ذلك نضرب المثال التالي : اذا كانت الساعة في نيويورك بالنطاق الشرقي هي الخامسة بعد الظهر ، كان معنى ذلك أن الساعة في مدينة لوس انجلوس بالنطاق الرابع غربا هي الثانية بعد الظهر ، أي أن الفرق في توقيت المدينتين هو ثلاث ساعات .

من الناحية النظرية اذن ينقسم العالم الى نطاقات توقيت موحدة ، عرض كل منها ١٥° من درجات الطول ، بمعنى أن توقيت جرينتش يسري على نطاق عرضه سبع درجات وثلاثين دقيقة على كلا جانبي هذا الخط شرقا وغربا ، هذا حقيقي من الناحية النظرية ، ولكن من الناحية العملية يستحيل تطبيق ذلك تماما ، حيث أن الكثير من الدول ـ خاصة اذا كانت من الدول الصغيرة ـ ربما وقعت في حيز نطاقين من نطاقات التوقيت المنمط ، ولذلك فان تطبيق مبدأ نطاقات التوقيت الموحد في جميع جهات العالم لا يؤدي بالضرورة الى تقسيم العالم الى نطاقات خطية منتظمة ، بل هي في الواقع نطاقات شمالية جنوبية بصفة عامة ، ولكنها غير منتظمة ، أي تتراوح سعة وضيقا . والسبب في ذلك أنها تأخذ في اعتبارها عدة أمور هامة ، كالرقع الاقليمية لبعض الاقطار ، أو مناطق انتشار جماعات بشرية معينة ، أو الحيز الاقليمي لوحدة أو منظمة اقتصادية خاصة .

خط التاريخ الدولي :

يتبع هذا الخط بصفة عامة خط طول ١٨٠° في منتصف المحيط الهادي ، علما بأنه قد يفترق قليلا عن هذا الخط كما سنوضح فيما بعد . هذا الخط يشهد مولد كل يوم جديد يمر على العالم ، ونهاية كل يوم ينصرم ، فيوم ١/١٠ مثلا يبدأ على هذا الخط عند منتصف الليل ، ويتجه زاحفا مع الوقت غربا من خط التاريخ الدولي وسط المحيط ، تجاه سواحل شرقي آسيا وشرقي استراليا ، فيدور حول العالم دورة كاملة ، لينتهي عند نفس الخط بعد مرور أربع وعشرين ساعة تماما ، حيث ينتهي يوم ١/١٠ ويبدأ ميلاد يوم جديد هو ٢/١٠ على خط التاريخ الدولي عند منتصف الليل تماما .

اختيار هذا الخط في الموقع الذي أوضحناه بالذات ، اختيار موفق، حيث أنه يمر بوسط المحيط الهادي تقريبا ، فلا يقطع من اليابس سوى مجموعات جزرية قليلة محدودة . ولك أن تتصور أن هذا الخط يمر

بوسط كتلـة يابسة كبرى كالكتلـة الاوروبية الافريقية ، أو بكتلـة الامريكتين ، لتتخيل مبلغ اللبس الذي كان سوف يحدثه بالنسبة للسكان على كلا جانبيه . فلو فرض ومر هذا الخط بمدينة القاهـرة الواقعة على درجة طول ٣٠° شرقا ، كان معنى ذلك أن تاريخ اليوم بعد منتصف الليل مباشرة في مدينة القاهرة سوف يكون ١٠/٢٩ علـى سبيل المثال ، بينما مدينة السلوم الى الغرب يكون تاريخ اليوم فيها ما يزال ١٠/٢٨ .

فمن الضروري وبناء على ما سبق أن ذكرنا من اتجاه زحف التوقيت غربا ابتداء من خط التاريخ الدولي ، أن يتغير تاريخ اليوم علـى كـلا جانبي الخط ، لهذا فوضع الخط حيث هو حاليا أنسب ما يكون ، ويلزم لمن يعبره شرقا أو غربا أن يغير التاريخ وفقا لذلك . فلو أن هناك طائرة مسافرة من جزر هواي مثلا يوم ١٠/٥ متجهة غربا ، وعبرت هذا الخط ، كان على ركابها تقديم اليوم بحيث يصبح ١٠/٦ ، والعكس اذا كـانت الطائرة آتية من جزر مارشال متجهة شرقا يوم ١٠/٦ ، فانها عند عبورها خط التاريخ الدولي يتعين على ركابهـا تغيير تاريـخ اليوم الى ١٠/٥ . بمعنى أوضح : عند عبور الخط من الغرب الى الشرق ، يضاف يوم الى التقويم ، وعند عبوره من الشرق الى الغرب يطرح يوم منه .

يفترق خط التاريخ الدولي عن خط الطول ١٨٠° عند الطرف الأقصى لسيبريا ، جاعلا كل الاراضي الروسية الى الغرب منه ، ثم عند مجموعة جزر كوريل جاعلا اياها جميعا الى الشرق من موقعه ، وأخيرا يحيد عن اتجاهه نحو الشرق من موقعه ، وأخيرا يحيد عن اتجاهه نحو الشرق عند جزائر المحيط الهادي الجنوبي ، جاعلا معظم المجموعات الجزرية العديدة تقع الى الغرب من مساره .

دوائر العرض :

عبارة عن دوائر كاملة موازية لدائرة عرض الاساس خط الاستواء وموازية لبعضها البعض ، وأهم خصائصها ما يلي :

أ) تتقاطع هذه الدوائر مع أقواس خطوط الطول بزوايا قائمة.

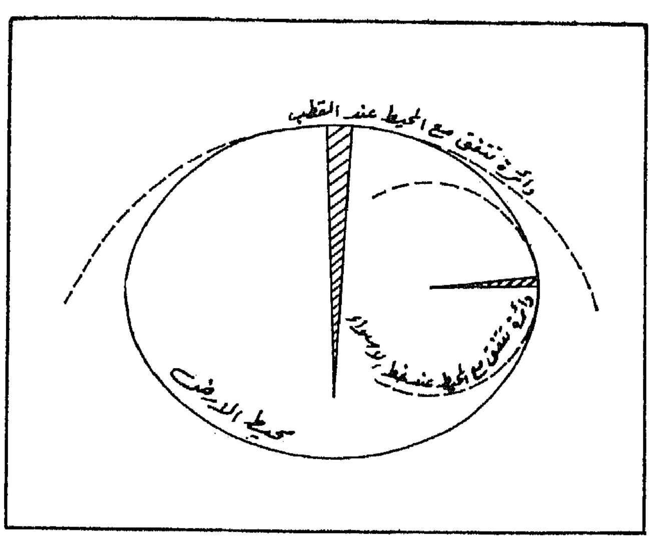
ب) تشير جميع هذه الدوائر الى الاتجاه الشرقي الغربي .

جـ) جميع هذه الدوائر عدا خط الاستواء دوائر صغرى .

د) لكل بقعة على سطح الارض درجة عرض ثابتة ، تقاس بالدرجة وكسرها من دقائق وثوان .

تقاس دوائر العرض الى الشمال والجنوب من دائرة عرض الاساس أو خط الاستواء ودرجتها صفر ، وعدد كل من هـذه الدوائر ٩٠ شمال وجنوب الدائرة الاستوائية ، الا أن طول هـذه الدوائر يصغر تدريجيا حتى يصير نقطتين فقط عند القطبين . أما المسافة بـين الدوائر فهـي متغايرة ، فلو كانت الارض كرة تامة التكور ، لكانت المسافة بـين كـل دائرتين متتاليتين متساوية أو ثابتة ، ولكن نظرا لافتراق شكل الارض عن الشكل الكروي التام ، فان هذه المسافات تكبر قليلا تجـاه القطبين . فعند خط الاستواء يكون طول درجة العرض مساويا تقريبا لطول درجة الطول ، بعبارة أخرى يكون طول درجة العرض — أي المسافة بين دائرة الاستواء والدائرتين ١ شمالا وجنوبا هو ١١٠٫٥٣٨ .كيلومترا ، وطـول الدقيقة ١٫٨٤٢ كيلومترا والثانية ٠٫٠٣ من الكيلومتر . ولكـي نلاحظ الفرق نذكر أن المسافة بـين درجة عرض ٨٩ ودرجة ٩٠ هـي ١١١٫٦٦٤ كيلومترا تقريبا . ويمكن أن نتمثل ذلـك بالشكل التالـي (شكل ٧) فالدائرة التي تتفق مـع انحناء سطح الارض عند خط الاستواء أصغر بكثير من الدائرة التي تتفق مع انحناء سطح الارض عند القطبين ، ومن ثم كان طول المسافة بين كل درجتين عرضيتين متتاليتين علـى الدائـرة الأصغر أقل من طول المسافة بين كـل درجتين عرضيتين متتاليتين علـى الدائرة الأكبر .

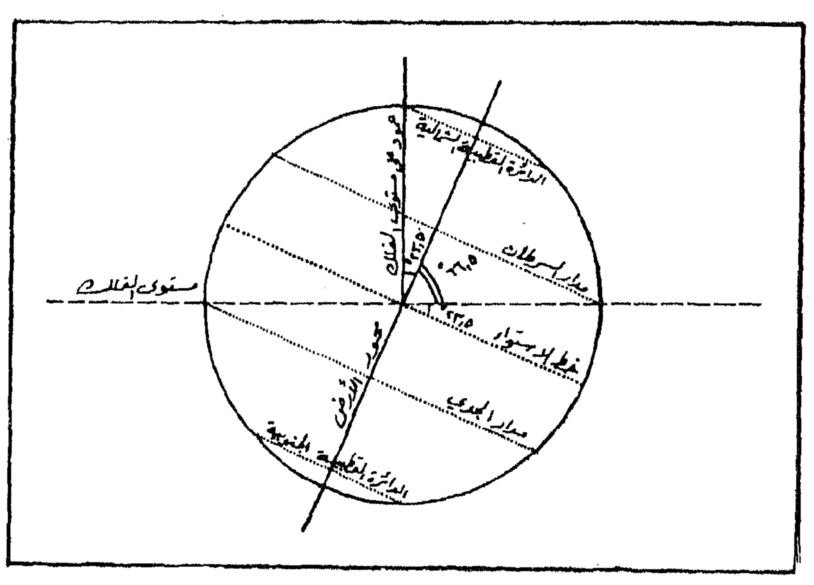
هناك عدد من دوائر العرض التي نعتبرها ذات أهمية خاصة لدارسي الجغرافيا ، وهـي لهـذا تعرف بأسماء معينة ، أطلقت عليهـا لابـراز



شكل (٧) اختلاف طول درجات العرض

أهميتها . فضلا عن خط الاستواء ، هناك المداران ، مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي ، ومدار الجدي في نصف الكرة الجنوبي . وهناك أيضا الدائرتان القطبيتان الشمالية والجنوبية ، وتبرز أهمية هذه الدوائر جميعا اذا علمنا أنها تحدد نوعا من العلاقة الوثيقة بين الارض والشمس فيما يتعلق بتباين كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها بقاع الارض المختلفة ، أو ما يعبر عنه دائما بتتابع الفصول . وينبغي أن نشير هنا الى حقيقة هامة ، وهي أن الارض تدور حول نفسها على محور وهمي يميل عن الاتجاه العمودي بزاوية مقدارها ٢٣½° ، وهذا هو السبب الاساسي في تباين الفصول أثناء دوران الارض في فلكها حول الشمس (شكل ٨) .

ففي أواخر شهر ديسمبر من كل عام ، يكون ميل محور الارض على نحو من شأنه أن يجعل شطرا أكبر من نصف الكرة الجنوبي معرضا لاشعة الشمس عن نظيره من النصف الشمالي ، فأشعة الشمس التي نعتبرها



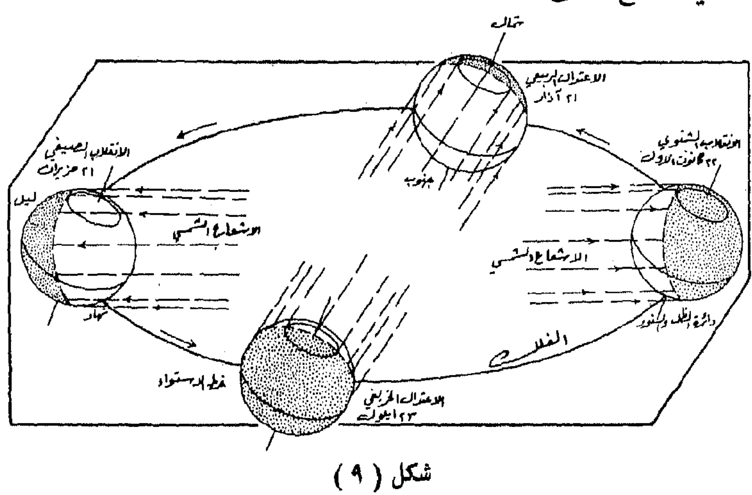
شكل (٨) ميل محور الارض ودوائر العرض المميزة

لأغراض عملية أشعة متوازية ، تصل في هـــذه الحالـــة الى منطقة القطب الجنوبي وما وراءه ، في حين أنها لا تسقط اطلاقـــا على منطقة القطب الشمالي ، ولذا فانه على الرغم من دوران الارض حول نفسها ، وتعاقب الليل والنهار على وجهيها ، الا أن منطقة القطب الجنوبي في هذه الحالة تنعم بنهار دائم ، في حين تظل منطقة القطب الشمالي في ليل دامس طويل (شكل ٩) .

في أواخر شهر يونيو (حزيران) يحدث العكس ، فعلى الرغـــم مـــن بقاء محور الارض مائلا بنفس الدرجة ، وموازيا لاتجاهه السابق ، الا أن الميل في هذه الحالة من شأنـــه أن يجعل شطرا أكبر من نصف الكـــرة الشمالي معرضا لأشعة الشمس عن نظيره في النصف الجنوبي ، وهـــذا يؤدي الى أن تصل أشعة الشمس منطقة القطب الشمالي ومـــا وراءها ، فيكون هناك نهار دائم ، بينما يظل القطب الجنوبي في ليل معتم .

فيما بين الوضعين المتطرفين السابقين ، تحتل الكرة الارضية موضعين

وسطا في شهر مــارس وسبتمبر ، بحيث يغطي ضوء النهــار في هــذين الوضعين نصف الكرة المواجه للشمس تماما من القطب الى القطب ، ومن ثم فان الارض في دورتها اليومية حول نفسها تجعل كل بقعة على ظهرها تتمتع بنهار لمدة ١٢ ساعة ، وليل لمدة ١٢ ساعة أخــرى ، فيتساوى الليل والنهار في جميع بقاع الارض نحو أواخر الشهرين المذكورين .



شكل (٩)

بناء على ما سبق يمكن أن نوضح هنــا أن أربعا من دوائــر العرض المسماة آنفا ، هي التي تحــدد مسار الهجرة الظاهرية للشمس من فصل لآخر ، فمحور الارض اذ يميل دائما عن الوضع العمودي بمقدار ٢٣½° ، وفي اتجاه ثابت طوال الوقت ، فان أشعة الشمس المتوازية عند سقوطهــا على ظهر الارض المنحنى لا تسقط بشكل عمودي ، سوى على جزء محدود من سطحها ، في حين تصل الاشعة بقية الاجزاء الاخرى بزوايا ميل تختلف من جزء لآخر ، ومن فصل لآخر . فحينما تكون الارض في الوضع الــذي يجعل نصفها الشمالي مائلا تجاه الشمس بمقدار ٢٣½° في ٢١ يونيو ، فان الاشعة العمودية في ظهر ذلك اليوم تسقط على خط العرض ٢٣½° شمالا ، ولهــذه الحقيقة أهمية كبرى بالنسبة للانسان ، حيث أن سقوط الاشعة عمودية على هذا النحو يؤدي الى تمتع النصف الشمالي بطاقة حراريــة

هائلة ، فيكون هذا هو فصل الصيف في النصف الشمالي من الكرة الارضية ولما كانت دائرة العرض السابقة هي التي تحدد أقصى بقعة على ظهر الارض في نصف الكرة الشمالي تسقط بها أشعة عمودية في أي وقت ، فقد ميزت وسميت بمدار السرطان .

بعد ستة شهور من التاريخ السابق ، أي في ٢١ ديسمبر (كانون أول) يحدث العكس ، حيث يكون نصف الكرة الجنوبي مائلا تجاه الشمس بمقدار ٢٣½ درجة ، ولهذا فان أشعة الشمس العمودية في ظهر ذلك اليوم تتلقاها دائرة العرض ٢٣½° جنوبا ، فيكون هذا هو فصل الصيف الجنوبي ولما كانت الدائرة السابقة هي التي تحدد أقصى بقعة على ظهر الارض في هذا النصف تسقط بها أشعة عمودية في أي وقت من أوقات السنة ، فقد ميزت وأطلق عليها اسم مدار الجدي .

نخلص من هذا القول بأن أشعة الشمس العمودية لا تتعدى ذلك النطاق من الكرة الارضية الذي يحده المداران ، بمعنى أن جميع البقاع الواقعة الى الشمال أو الجنوب منه لا تصل اليها أشعة عمودية في أي وقت من أوقات السنة . وينبغي أن نوضح هنا أيضا أن الشمس اذ تتعامد على أحد المدارين، فان ذلك لا يحدث الا ظهر يوم واحد فقط هو يوم الانقلاب الصيفي بالنسبة لكل مدار ، فالشمس اذ تتعامد على مدار الجدي يوم ٢١ ديسمبر ، تكر عائدة الى موقع آخر شمال ذلك المدار في اليوم التالي ، ونفس الشيء ينطبق أيضا على مدار السرطان . فمن الواضح اذن أن أية بقعة بين المدارين تتعامد عليها الشمس مرتين أو يومين في العام ، وذلك في رحلتها الظاهرية ذهابا وجيئة . حتى الدائرة الاستوائية نفسها، لا تتعامد الشمس عليها تماما سوى ظهر يومين فقط من أيام السنة ، هما يوم الاعتدال الربيعي في ٢١ مارس ، ويوم الاعتدال الخريفي حوالي ٢١ سبتمبر .

كما هو الحال بالنسبة للمدارين ، فان الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية تحددان العلاقة بين الارض وزاوية ميل أشعة الشمس الساقطة

عليها في الفصول المختلفة ، ففي يوم الانقلاب الصيفي ، حين يكون نصف الكرة الشمالي مائلا نحو الشمس وأشعتها عمودية على مدار السرطان ، فان أكثر أشعة الشمس ميلا تصل الى القطب الشمالي وما وراءه بمقدار ٢٣½° والدائرة التي تحدد هذه المساحة حول القطب هي التي يطلق عليها اسم الدائرة القطبية الشمالية ، ودرجتها ٦٦½° شمالا (٩٠° القطب ـ ٢٣½° = ٦٦½°) . بعد ستة أشهر من التاريخ السابق يحدث العكس ، أي يصير الانقلاب الصيفي في نصف الكرة الجنوبي ، فتصل أشعة الشمس بصفة مستديمة لنطاق من الكرة الارضية تبلغ سعته ٢٣½° عرضية حول القطب الجنوبي ، يحدد هذا النطاق الدائرة القطبية الجنوبية ٦٦½° جنوبا ، يلاحظ أيضا أن الدائرتين القطبيتين تعينان أقصى مدى تصل اليه أشعة الشمس في فصل الشتاء بكل من نصفي الكرة ، أي أنه النطاق الذي لا تسطع الشمس شماله في فصل الشتاء الشمالي ، وجنوبه في فصل الشتاء الجنوبي .

الفصل الثالث

طبيعة باطن الأرض وقشرتها

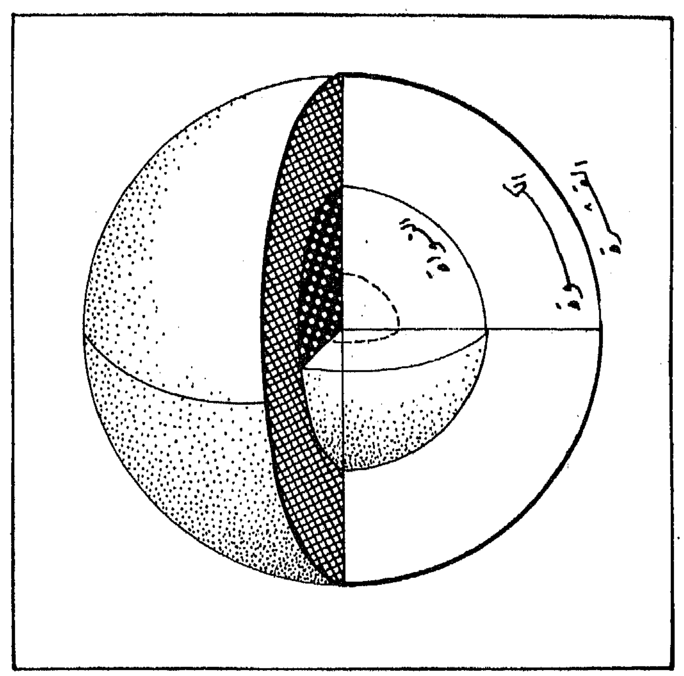
التركيب الداخلي للكرة الأرضية :

لا يدرك الانسان عيانا من جسم الكرة الارضية سوى سطحها الخارجي ، خاصة بمناطق اليابس ، فهذا وحده هو الحيز الذي يقع ضمن حدود مشاهدته المباشرة ، وتعامله اليومي . أما أعماق الباطن الارضي فما زالت بعيدة كل البعد عن متناول البشر ، وسوف تظل كذلك لفترة طويلة ، حيث أن عمليات التعدين تحت السطح ، وانزال الآبار في جوف الصخر سعيا وراء النفط أو الماء ، كلها عمليات لم تستطع حتى الان التوغل الا في غشاء رقيق لا يتعدى أعماقا ضئيلة من القشرة الخارجية للكرة الارضية ، وهي أعماق لا تتجاوز أغوارها بضعة كيلومترات تحت السطح ، ولا تكون في مجموعها سوى كسر ضئيل من قطر الارض الذي يبلغ طوله أكثر من ١٢ر٧٠٠ كيلومترا .

لذلك كان لابد من اللجوء لوسائل غير مباشرة للتعرف على التركيب الباطني للأرض ، ومحاولة تخمين العناصر التي يتألف منها ذلك الباطن ، ويعرف العلم الذي يهتم بهذه الدراسة بعلم الطبيعة الارضية geophysics ووسائله في ذلك قياس موجات الزلازل الطبيعية ، والاهتزازات المفتعلة، ومجالات الجاذبية والمغناطيسية الارضية . ومن خلال النتائج التي يحصل عليها علماء الطبيعة الارضية، ومقارنتها بالقواعد العامة المعروفة

في علوم الطبيعة ، آمكن التوصل الى حقائق مذهلة عن الخصائص الطبيعية ومكونات الاعمـاق الداخلية في كوكبنا ، مما لا يقع تحت طائلـة الحس والتجربة أو المشاهدة المباشرة .

أثبتت هذه الدراسات أن باطن الارض عبارة عن عـدد من المجالات (شكل ١٠) ، تبدأ من المركـز بنواة وسطى ، يبلغ طول نصف قطرهـا نحو ٣٤٠٠ كيلومترا ، ويعتقد بأنهـا تتألف من معـادن منصهرة ، أي أن النواة الداخلية للأرض ما زالت في حالـة سيولة . وهذا القول يعيد الى أذهاننا ما سبق أن ذكرناه عن أصل الارض ونشأتها ، من أنها كانت في بادىء الأمر جسما غازيا ، برد وتصلب بالتدريج .



شكل (١٠) تركيب الكرة الارضية

ولكـن في الوقت الذي تحول النطاق الخارجـي من جسم الأرض الى الحالـة الصلبة ، متجمدا نتيجة فقدانه حرارته بسرعة ، فان الباطن في

الاعماق ظل محتفظا بكثير من حرارته ، ومن ثم بقي في حالــة السيولة . وقد أمكن التوصل الى هذه الحقيقة ، بفضل ما سجل من تغير مفاجيء في سرعة الموجات الزلزالية وفي طبيعتها عند بلوغها مجــال النواة الداخلية للأرض .

وعلى الرغــم من انتشار هــذا الرأي القائل بسيولة نواة الكــرة الارضية ، وقبول كثير من الاوساط العلمية بــه ، فان بعض الدراسات الحديثة تشير الى أن القسم الداخلي المركزي من هذه النواة ربما كان في حالة تصلب تام ، أو حتى في حالة تبلور كدليل على قساوته ، ولئن كانت الكثافــة النوعية للأرض ككل هــي حوالــي ٥ر٥ تقريبا ، فــان النواة الداخلية لابد أن تكون عالية الكثافــة ، حيث أن كثافــة صخور القشرة الخارجية لا تتعدى ٣ فقط ، لهذا يسود الاعتقاد بأن كثافة المــواد التي يتألف منها الباطن تتراوح ما بين ١٠ و ١٥ .

بناء على ذلك ، فمن المحتمل أن تكون مواد الباطن في معظمهامركبات حديدية ، مع نسب أقــل من معدن النيكل . ويؤيد هــذه الحقيقة ، مــا يشاهد عند دراسة المواد المكونة للشهب التي تصل من الفضاء الخارجي للأرض ، والتي هــي في الواقــع صور مصغرة عن الكواكب السيارة في مجموعتنا الشمسية ، فقد وجــد أن معدني الحديــد والنيكل يشكــلان الشطر الأعظم من مركبات المواد المتخلفة عن احتراق الشهب . وتتراوح درجة حرارة باطن الارض في حيز النواة بين ١٥٠٠ م° وبين ٣٥٠٠ م° . كما أن الضغط الواقع عليها بفضل ثقل مواد الاغلفة الخارجية من الكــرة الارضية يبلغ نحو ثلاثة ملايين أو أربعة ملايين مرة قيمة الضغط الجوي العادي عند مستوى سطح البحر .

يغلف النواة الداخلية المركزية نطاق آخر يعرف باسم الكسوة mantle أو الغلاف المدثــر ، ويبلــغ سمكه مــا يقرب مــن ثلاثة آلاف كيلومتر (٢٩٠٠ كم تماما) . وتدخل في تركيبه مواد معدنية في حالة صلابة تامة ، وهــي كما يستفاد مــن تحليل موجــات الزلازل عبارة عــن مركبات من

سيليكات الحديد والمغنيزيوم ، أو ما يعرف باسم صخر الأولفين Olivine ويدعى بالزبرجد الزيتوني ، وهو صخر قاعدي التكوين ، زجاجي التبلور ، عالي الكثافة ، ولكنه على الرغم من قساوته وشدة مراسه ، فانه يكتسب صفة المرونة في حالة تعرضه لقوى الضغط المتغاير على أجزاء جسمه المختلفة اذا استمر ذلك الضغط لفترة زمنية كبيرة . ومن ثم فانه يشبه عادة بمادة القطران (tar) ، التي تبدو صلبة قاسية ، تتفلق وتتطاير شظاياها عند طرقها بشدة ، ولكنها اذا وضعت في مكبس وضغط عليها لانت وانسابت ألسنة منها خارجة من مركز الضغط تجاه الأطراف .

أمكن التوصل الى الحقائق السابقة بعد دراسة الموجات الزلزالية ، التي هي عبارة عن حركات مفاجئة ، تبعث من باطن الارض ومن بقاع متفرقة تعرف باسم مراكز الزلازل ، التي ترسل هزات في موجات مختلفة تخترق قشرة الارض وباطنها ، وتؤثر في جهات قد تبعد مئات الكيلومترات عن مراكز كل زلزال ، وتسجل هذه الهزات المراصد النائية على بعد آلاف الكيلومترات ، وهي على ثلاثة أنواع :

أ ــ موجات أولية أو طولية تنتشر في رجفات تتمشى مع مستوى الزلزال ويرمز لها بالحرف (P) أول حرف من كلمة Primary أي أولي .

ب ــ موجات ثانوية أو عرضية ، وتنتشر في رجفات عمودية على الاتجاه الذي انبعثت منه ، ويرمز لها بالحرف (S) أول حرف من كلمة Secondary أي ثانوي .

جـ ــ موجات سطحية ، وهي أيضا عمودية على اتجاه سريان موجات الحركة ، ونظرا لقربها من السطح ، فانها تسبب خرابا هائلا بالمناطق التي تضربها ، ويرمز لها بالحرف (L) أول حرف من كلمة Late أي متأخرة .

من دراسة الخطوط البيانية التي سجلتها مختلف مراصد العالـم في هزات أرضية عديدة أمكن استنتاج الحقائق التالية :

١ ـ ازدياد سرعة الموجات الزلزالية كلما تعمقت صوب باطن الارض، ولما كان من الثابت أن تتناسب سرعة هذه الموجات طرديا مع كثافة الوسط الذي تسري فيه ، فان معنى تزايد سرعة الموجـات تجـاه أعماق باطن الارض تتبعه زيـادة مماثلة في كثافـة المـواد التي تشكل الباطن .

٢ ـ تنكسر الموجـات الزلزالية خـلال سريانها في المجـالات الصخرية المختلفة على نحو ما تنكسر الأشعة الضوئية التي تمـر بأوساط متباينة الكثافة ، ونظـراً لأن موجـات الزلازل تتبع في مسارهـا خطوطا منحنية تجاه سطح الارض أو بمعنى آخر بعيدا عن الباطن فان هذا دليل آخر على تباين الكثافة وتزايدها تجاه الباطن .

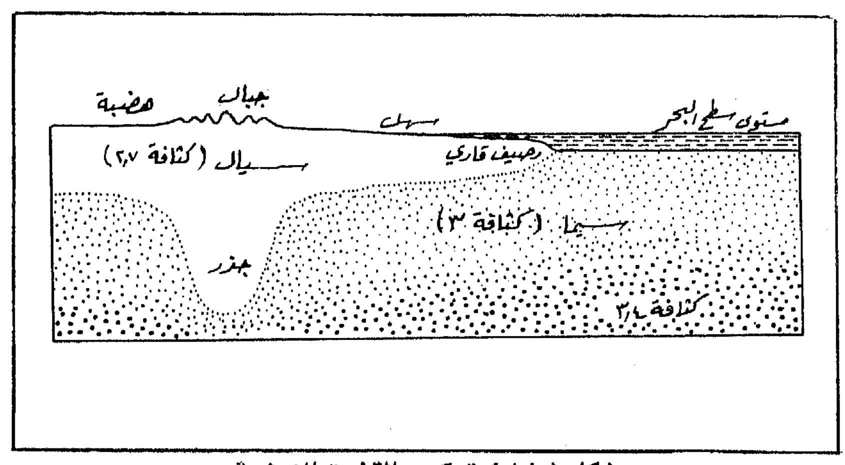
٣ ـ المحطات التي تبعد عن مراكز الزلازل بنحو ١٢٠ أو أكثر لا تسجل سوى الموجات الطولية ، ولما كانت الموجات العرضية لا تسري خلال وسط سائل ، فقد استنتج من ذلك أن النواة المركزية من الكـرة الارضية في حالة سيولـة تخترقهـا الموجات الطولية ، ولا تنتشر خلالها الموجـات العرضية .

٤ ـ أمكن تصنيف الموجات الزلزالية بأنواعها الى ثلاثة أنواع سريعة ومتوسطة وبطيئة . وقـد تأكد لدى العلماء أن الموجات السريعة هي تلك التي تنبعث من مركز الزلزال وتتعمق بعيدا تجاه مركز الارض فترتد خلال المجالات الصخرية الكثيفة بسرعة وتسجلهـا المراصد النائية أول ما تسجل ، أما البطيئة فانها لا تسري الا خلال طبقات القشرة الارضية القليلة الكثافة ، ولذا فانها آخر الموجات التي تسجلها المراصد ، في حين تسري الموجـات المتوسطة السرعة خلال الحيز الذي يوجد بين القشرة الخارجية والنواة المركزيـة السائلـة .

بناء على ما سبق أمكن تقسيم جسم الأرض الى ثلاثة مجالات متدرجة الكثافة بحيث يكون المجال الداخلي المشتمل على النواة الوسطى في داخله أعظم الثلاثة كثافة ، يحيط به مجال آخر هو الذي أطلقنا عليه اسم الغلاف الداخلي وهو أقل كثافة من النواة، ويأتي في النهاية مجال القشرة الخارجية وهو أقلها كثافة وسمكا .

قشرة الارض :

يتراوح سمك هذه القشرة ما بين ١٥ و ٤٥ كيلومترا ، ويميزها عن الغلاف الداخلي نطاق يعرف باسم الموهو moho نسبة الى اسم العالم الذي اكتشفه ، وهو الحيز الأرضي الذي في نطاقه تبدأ سرعة موجات الزلازل في التزايد بشكل ملحوظ ، وذلك عند انتقالها من القشرة الى ما تحتها . وتتكون القشرة الارضية من صخور شديدة المراس والصلابة ولذا فانها تنكسر عندما تخضع لقوى الضغط ، هذه الصخور على نوعين: صخور حامضية وصخور قاعدية (شكل ١١) .



شكل (١١) تركيب القشرة الارضية

١ ـ **الصخور الحامضية** : تتكون من معظمها من أنواع جرانيتية بالاضافة الى ما قد يعلو بعض بقاعها من صخور رسوبية ، ومتوسط كثافة

هـذه القشرة الخارجية من الصخور الحامضية الجرانيتية حوالـي ٢ر٧ وتتكون من خليط من السيليكا بنسب كبيرة ، ومن الالومنيوم بنسب أقل. هذا ما دعـا البعض لتسميتها بطبقة السيل (Sial) المشتقة مـن المقطعين الأولين من كلمتي Silica و Aluminum ، ويختلف سمك هـذه الطبقة من مكان لآخر على وجه الارض حيث أنها تبلغ أعظم سمك لها بجهات اليابس القاري المرتفع ، في حين أنها تختفي تمامـا من القشرة بمناطق القاع المحيطي بمعظم محيطات الارض .

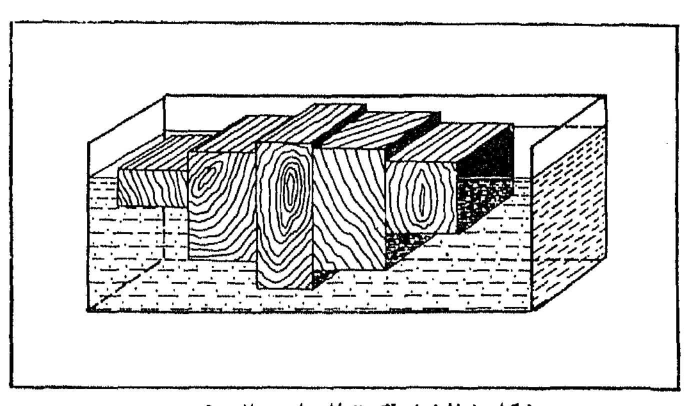
٢ ـ صخور قاعـدية : تقل فيهـا نسبة السيليكا بشكل واضح وتحـل فيها مادة المغنيزيوم محل الالومنيوم، ومن ثم أطلق عليها اسم سيما Sima المشتقة مـن المقطعين الأولـين لكـل مـن كلمتي Silica و magnesium وتبلغ كثافتها نحو ٣ر٦ وتؤلف طبقة السيما غلافا كامـلا متصلا يدثـر جميع بقاع الغلاف الداخلي للأرض . وهذه الطبقة لا تظهر فوق السطح اذ أنها بمناطق القاع المحيطي العميق تختفي تحت المـاء ، وفي مناطـق اليابس توجد أسفل القشرة الخارجية من الصخور الجرانيتية التي تحجبها عن السطح تماما . أي أن طبقة السيما المكونة من صخور بازلتية قاعدية تكو"ن الطبقة السفلى من الغلاف الصخري لقشرة الأرض ، وهي علـى الرغم من شدة صلابتها فانها تتميز بخاصية هامة هي أنها تتحول الى حالة مرنة أو شبه منصهرة تحت ظروف الضغوط المتغايرة علـى مـا ذكرنا سـابقا .

توازن قشرة الأرض :

مما سبق يتضح لنا أن قشرة الأرض تتألف من مادتـين مختلفتين في تركيبهما وخصائصهما الطبيعية ، وأبرزها خاصية الكثافة . بالاضافة الى ذلك فان سمك قشرة الارض يختلف من مكان لآخر ، أو بعبارة أخرى يختلف ارتفاع كتلـة السيل وهبوط طبقة السيما عن المستوى العـام لسطح البحر ما بين بقاع الكرة الارضية اختلافا بينا ، يبلغ أقصاه اذا

آخذنا في الاعتبار أعلى بقاع اليابس وهو قمـة افرست نحو ٨٨٥٠ مترا وأبعد أغوار المحيط فيخندق امدن Imden مثلا بالقرب من جزر الفلبين ويقدر غوره بنحو ١٢ ألف متر .

هذا التباين في القشرة الارضية بـين ارتفاع وهبوط ، أو بالأحرى بين ابتعاد واقتراب من مركز الارض ، دعا الى الاعتقاد بأنـه لابـد أن يكون هناك نوع من التوازن بين بقـاع قشرة الارض المختلفة ، فلكـي تحتفظ الكتل القارية الخفيفة بتوازنها فوق طبقة السيما الثقيلة أثناء دوران الأرض ، فان بعض العلماء يعتقدون أن جزءا كبيرا مـن الكتل اليابسة تغوص في مادة السيما تحته على نحو ما تغوص كتلـة من الثلج في وعاء به مـاء ، وتعرف هذه الظاهرة بالنسبة للقشرة الارضية باسم ظاهرة التوازن الأرضي .



شكل (١٢) فكرة التوازن الارضي

ويرى العالم الجيولوجي الامريكـي داتون Dutton أن كتلـة اليابس بأشكالها المختلفة من جبال وهضاب وسهـول ووديان تتعمق في تكوينات السيما التي ترتكز عليها بمقادير تتناسب مع ثقل كل منها (شكل ١٢). بمعنى أن التضاريس الموجبة من جبال وهضاب تتعمق في تكويناتالسيما التي ترتكز عليها بمقادير تتناسب مع الوزن الكبير لكل منها ، أي أنهـا

تتعمق في طبقة السيما لمسافات أبعد من تلك التي تتعمق بها التضاريس السالبة من سهول وأحواض . تلك الأجزاء الغائصة عبارة عن الجذور التي تحفظ توازن الكتل اليابسة الطافية فوق طبقة السيما .

فكتل اليابس في وضع توازني بسبب تغير ضغط كتل السيل ،فزيادة الضغط الناجمة عن اضافة وزن جديد لعمود السيل في بقعة ما ، يؤدي لهبوط في طبقة السيما تحتها ، ويكون لذلك استجابة مضادة في جهة أخرى ، ويتم ذلك بفضل خاصية المرونة والانسياب التي تتمتع بها طبقة السيما على نحو ما أوضحنا .

ويتعرض التوازن الدقيق للقشرة للاضطراب بسبب تغاير قوى الضغط ، حين تتعرض بقاع اليابس لعمليات النحت والتعرية ، فيخف وزن عمود السيل الضاغط على مادة السيما في هذه البقاع ، بفضل ما أزيل منه من مواد ، وفي نفس الوقت تتعرض بقاع أخرى من وجه الارض لارساب المواد التي أزيلت من كتل السيل في البقاع السابقة ، فتضيف هذه الرواسب وزنا جديدا على عمود السيل المرتكز على مادة السيما في تلك البقاع . ويحدث نتيجة لذلك أن البقاع التي يخف بها بعض ما كانت تحمل من أثقال تعلو ، بعكس البقاع التي تراكمت عليها الرواسب فانها تهبط ، أو بعبارة أخرى تنساب مادة السيما المطاطة تحت الجهات التي تلقت الرواسب متجهة الى ما تحت الجهات التي أزيلت منها الرواسب حتى تتعادل الضغوط ، فتعود القشرة الارضية بكلتا البقعتين الى حالة التوازن .

ولكن ينبغي أن نلاحظ أن مادة السيما في حالة صلبة ، ولكي تكتسب صفة المرونة فانها لابد من أن تتعرض للضغوط أزمانا طويلة تقدر بمقاييس الأزمنة والعصور الجيولوجية وهنا نتساءل عما اذا كانت مثل هذه الحركات التوازنية تساعد على بقاء مناسيب سطح الارض ثابتة ، حيث أن النحت والتعرية في بقعة ما يصحبه رفع من أسفل ، بينما الارساب في بقعة أخرى يصحبه ضغط وهبوط .

الواقع غير ذلك ، فعمليات الرفـع والهبوط التوازنية تتم في بطء شديد ، دون سرعة عمليات النحت والارساب ، فاختلاف المناسيب يرجع الى حد بعيد الى تفاوت سرعـة العمليتين . كذلك يقـال بـأن الطبقات السطحية مـن القشرة الأرضية التي تتعرض للنحت والارساب ، هـي بطبيعتها أقل كثافة من مادة السيما ، لذا فان الارتفاع أو الهبوط الذي تتعرض له تلك البقاع ، أقل بكثير من كتلة المـواد المزالة أو المرسبة . بعبارة أخرى فان الجهات التي تتعرض للارساب ، يرتفع منسوبها على الرغم من انخفاض طبقة السيما تحتهـا ، والعكس فان الجهـات التي تتعرض للتعرية والازالة ينخفض منسوبها لضآلة حركة الرفع الناجمة عن تمدد السيما الى أعلى ، ويتخذ دليلا على ما سبق مثالان بدلتا نهـر المسيسبي والجليد القاري على كل من شمال أوروبا وأمريكا الشمالية .

دلتا المسيسبي :

يجلب هذا النهر كل عام كميات هائلـة من الرواسب يلقي بهـا الى خليج المكسيك ، مكونـا دلتا متعددة الفروع ، ذات سمك عظيم ، وقـد أثبتت الدراسات العلمية المبنية على أعمال الحفر ، أن هـذه الرواسب النهرية حتى أبعد الاعماق التي أمكن الوصول اليها ، تتألف من رواسب شاطئية ، أي ارسابات مياه ضحلة قليلة العمق . وهذه الحقيقة تناقض العمق الكبير الذي توجد عليه الرواسب ، اذ كيف يفترض أنها أرسبت على عمق قليل ، بينما تتواجد الطبقات السفلى منها على أعماق سحيقة؟

التفسير الوحيد هو أن أعمق هذه الرواسب تراكم في الماضي في ظل بيئة شاطئية قليلة العمق ، فلما زاد ثقل الرواسب بتوالي تراكمهـا ، وزاد ضغطها على طبقة السيما أسفل الخليج ، ناءت قشرة الارض بها ، فهبطت طبقة السيما تحتهـا ، وتوالى تراكـم الرواسب فتكونت طبقة أخرى على نفس العمق الذي تكونت تحته الطبقة السابقة ، وقد استمرت هذه العملية حتى وقتنا الحالـي ، ويقدر أن هناك الآن طبقة رابعة في سبيلها الى التكون .



شكل (١٣) الجليد البلايستوسيني في شمال أوربا

الجليد القاري :

من أمثلة الحركات التوازنية أيضا ما شهدته الأجزاء الشمالية من قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية التي طمرتها غطاءات جليدية هائلة في فترات متعاقبة خلال عصر البليستوسين من الزمن الجيولوجي الرابع، ففي قارة أوروبا انتشر الجليد البلايستوسيني في أواخر أدواره من كتلة شبه جزيرة اسكنديناوة في مختلف الاتجاهات ، حتى غطى مساحة ٣٫٨ مليون كيلومتر مربع من شمال القارة وغربها (شكل ١٣) ، وقد بلغ معدل سمك هذا الغلاف الهائل نحو تسعمائة متر ، مولدا بذلك ضغطا يعادل ٨٠ طنا على كل قدم مربع من القشرة الارضية تحته ، كما انتشرت من جبال الألب غطاءات جليدية ثانوية الى الشمال نحو وسط القارة ، والى الجنوب تجاه أشباه الجزر في البحر المتوسط .

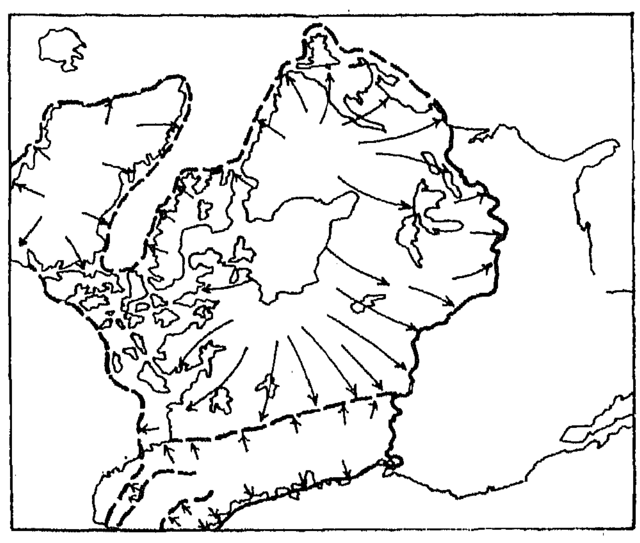
ازاء هذا الثقل المتزايد كان لابد أن تنحني قشرة الارض تحت تأثير الضغط الهائل ، حتى ليقدر بأن الجهات التي انتشر فيها الجليد قد انخفض مستواها نحو ٢٥٠ مترا دون وضعها الراهن ، وبتراجع الجليد

بحلول الفترة الدفيئة نحو نهاية البلستوسين ، شغلت مياه البحر المناطق التي انخفضت من القارة ، فتحولت بذلك الى حوض داخلي غمرته مياه البحر ، ولكن لم يستمر هذا الوضع طويلا ، اذ لم تلبث حركات الرفع التوازني بعد زوال ثقل الجليد أن أدت الى عودة المنسوب الى ما كان عليه قبل تراكم الجليد ، فانكمش البحر بالتدريج ، حتى ليعتقد بأنه منذ بضعة آلاف من السنين ، كان كل من البحر البلطي وخليج فنلند أكثر اتساعا مما هما عليه في الوقت الحاضر ، كما ظهرت سواحل الترويج الفيوردية تدريجيا من تحت مياه البحر ، وما زالت مساحة بحر البلطيق آخذة في التناقص التدريجي حتى الوقت الحاضر . فقد قدر أن سطح الارض يرتفع بمعدل ٤٠ سم في أواسط السويد كل قرن واحد من الزمان وبمعدل متر واحد كل قرن في شمالي تلك البلاد .

وفي قارة أمريكا الشمالية ، انتشر الجليد من أربعة مراكز رئيسية هي جزيرة جرينلند ، وجزيرة بافن ، ومنطقة كيواتن الى الغرب من خليج هدسن ، ومنطقة شبه جزيرة لبرادور ، هذا فضلا عن مركز ثانوي خامس في جبال روكي (شكل ١٤) ، التي انتشر منها الغطاء الجليدي شرقا وغربا حتى سواحل المحيط الهادي وجنوب ولاية كاليفورنيا . وقد نتج عن ذلك تغطية النصف الشمالي من القارة بالجليد ، بما في ذلك كل من كندا والقسم الاكبر من الولايات المتحدة ، مشتملا منطقة البحيرات العظمى ، حتى خط عرض مدينة سانت لويس على درجة عرض ٣٨° شمالا .

وقد أدى هذا الثقل الهائل لطبقات الجليد المتراكمة الى هبوط سطح الارض على شكل حوض مشابه لما أوردنا عن قارة أوروبا ، فما أن ذاب الجليد وتراجع عن سطح هذا الحوض حتى شغلته مياه البحر ، بما في ذلك خليج هدسن ، والبحيرات الخمس العظمى . ولكن ارتفاع سطح الارض بالتدريج ابان ذوبان الجليد الذي زحت تحته هذه الجهات أدى الى انكماش المسطح المائي الملح صوب خليج هدسن ، وانفصلت البحيرات

الخمس العظمى عن المحيط ، وتحولت الى بحيرات داخلية ، تتلقى الميـــاه العذبة ، وتنصرف مياهها الى المحيط عن طريق نهر سانت لورنس . ومن ناحية أخرى أدى انكماش الغطاء الجليدي على جزر الأرخبيل الواقع الى الشمال من ساحل كندا الشمالي الى زيادة مساحة بعض الجزر مثل بافن وباري وغيرها من الجزر .



شكل (١٤) الجليد البلايستوسيني في أمريكا الشمالية

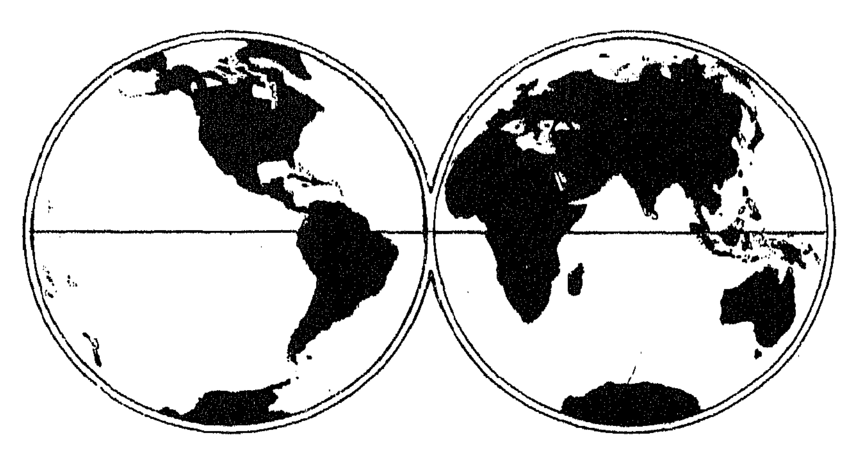
الفصل الرابع

توزيع اليابس والماء

لو أن سطح الكرة الارضية كان بأكمله سهلا تـام الاستواء ، يخلـو تماما من كل تضرس ، لغطته المياه الموجودة بأحواض المحيطات والبحار بلجة متصلة من المياه المالحة ، يبلغ سمكها نحو ٢٦٢ مترا ، فكأن التوزيع الحالي من بر وبحر على وجه الارض ، هو نتيجة لذلك التفاوت الزهيد بين مستويات هذا السطح ، أي بين مستوى الاغوار السحيقة التي تشغلها الأحواض المحيطية والبحار ، وبين مستوى الجهات البارزة التي تعلوهـا كتل القارات ، هـذا التفاوت حقـا قليل ، خاصة اذا عرفنا أن الغالبية العظمى من جهات سطح اليابس لا تعلو عن مستوى مياه البحر الا قليلا ، فمعدل منسوب الكتل القارية لا يزيد على ٧٠٠ متر ، بينما يقع الشطر الأعظم من القيعان المحيطية ، أو ما يعادل ٤١٪ من المساحة الكلية لسطح الارض بين منسوب ٣٥٠٠ و ٥٥٠٠ مترا دون المستوى الحالي لسطح البحر ، كذلك تتضح قلة تفاوت المنسوب بين القيعان وظهور القارات اذا علمنا أن الفاصل الرأسي بين أعلى قمـم الأرض وأعمـاق أعمق المحيط هـو ١٩ر٧ كيلومترا فقط ، أو ما يقرب من ١/٣٣٠ من نصف قطـر الكـرة الأرضيـة ..

من حيث التوزيع العام لليابس والمـاء على سطح الكرة نلاحظ أن ٦١٪ من مساحـة النصف الشمالي ، و ٨١٪ من مساحـة النصف الجنوبي

تغطيهمـــا الميـــاه (شكل ١٥) ، وهنا تجمل الاشـــارة الى المعنى المقصود بكلمتي بحار ومحيطات ، فالمحيطات هي المسطحات المائية الثلاثة الكبرى على ظهر الارض ، وهي المحيط الهادي والاطلنطي والهندي . أما البحار فهي عبارة عن المسطحات الصغرى بـــين الكتل القاريـــة ، أو تلك التي تتوغل في داخل بعض القارات ، أو تمتد على سواحلها ، وتشمل البحار القارية الكبرى كلا من البحر المتوسط والبحر الاسود والمحيط المتجمـــد الشمالي ، وبحار شرق آسيا كبحر أختسك ، وبحر اليابان ، وبحار الصين ثم البحر الكاريبي ، وخليج المكسيك . ومن أمثلة البحار الصغرى بحـــر البلطيق وخليج هدسن والبحر الاحمـــر ، أمـــا البحـــار الهامشية فتقع بمحاذاة الجوانب القارية لبعض المحيطات كبحر الشمال ، وبحر برنج، وهي في المعتاد بحار أكثر عمقا من النوعين السابقين .



شكل (١٥) توزيع اليابس والماء بين نصفي الكرة

ويوضح الجـدول التالي مساحـــة وكمية الميـــاه ومعدل الأعمـــاق بالمسطحات المائية الرئيسية في العالم ، ومنه سنلاحظ أن أكثر من نصف كمية المياه يحتويها محيط واحد هو المحيط الهادي ، وهو في نفس الوقت أكثرهـــا عمقـــا .

المحيط أو البحـر	المساحة بملايين الأميال المربعة	كمية الماء بملايين الأميال المربعة	متوسط العمـق بالقـدم
المحيط الأطلنطي	٣٢	٧٨	١٢ر٩٠٠
المحيط الهـادي	٦٤	١٧١	١٤ر٠٠٠
المحيط الهنـدي	٢٨	٧٠	١٣ر٠٠٠
البحار الكبرى	١٢	١٠	٤ر٤٠٠
البحار الصغرى	١	١ر٠	٠ر٥٠٠
البحار الهامشية	٣	٢	٢ر٨٥٠
المجموع الكلي	١٤٠	١ر٣٣١	—

أمـا الجـدول التالـي فيوضح نسبة المساحـات المائية في العروض المختلفة ، ومنه تلمس ارتفـاع نسبة المسطحـات المـائية في العروض الوسطى بنصف الكرة الجنوبي عنها بالنصف الشمالي .

درجـة العرض	النصف الشمالي مساحـة ٪ مـاء	النصف الجنوبي مساحـة ٪ مـاء
٧٠ ـ ٩٠	٧٥	٢٠
٥٠ ـ ٧٠	٣٧	٩٦
٣٠ ـ ٥٠	٥٣	٩٢
١٠ ـ ٣٠	٦٨	٧٧
٠ ـ ١٠	٧٧	٧٦

من الطبيعي أن نتساءل الآن عن أسباب توزيع المـاء واليابس على هذا النحو ، وعما اذا كان مثل هذا التوزيع ثابتا دائما ، أم أنه متغير على مدى العصور والأزمنة الجيولوجية التي مرت بها الارض خلال تاريخها الطويل . . هناك أحـد احتمالين ، الاول ، هـو امـا أن تكون القارات والمحيطات ظاهرات ثابتة على ظهـر الأرض منذ النشأة المبكرة لهـذا الكوكب ، بمعنى أن يكون توزيع اليابس والماء على النحو الراهن قـد ظل كما هو لم يتغير على مر العصور الجيولوجية ، بحيث بقيت المحيطات

كأحواض منخفضة مستديمة ، كما بقيت القارات كنتوءات بارزة ثابتة في مواضعها لم تتزحزح ، والاحتمال الثاني هو أن يكون نمط التوزيع الراهن لليابس والماء مجرد مرحلة من المراحل العديدة التي طرأت عليه بمعنى أن القارات والمحيطات لم تشغل دائما مواضعها الحالية ومن ثم تكون ملامح هذه التضاريس الأرضية الكبرى عرضة للتغير ، بحيث يمكن أن يستبدل كل منهما موضعه مع الآخر ٠

أولا ـ بافتراض صحة الاحتمال الاول الذي ينادي بأزلية التوزيع وثباته ، هناك عدة فرضيات تفسر على ضوئها نشأة الأحواض المحيطية في فترة مبكرة بعد ميلاد الارض ، ويذهب بعض هذه النظريات الى ارجاع السمات الرئيسية لوجه الأرض الى احداث كونية هائلة ، تحيق بالأرض فجأة من أبرزها ما يلي :

١ ـ نظرية فيشر : وتتلخص في أن اختفاء القشرة الجرانيتية من حوض المحيط الهادي يعود الى انفصال كتلة القمر عن الارض ، وما حوض هذا المحيط الهائل سوى الفجوة التي تخلفت عن هذا الحدث العظيم ٠ لو حدث هذا بالفعل لكان هناك تشابه كبير بين الصخور السطحية للقشرة الارضية وبين صخور وجه القمر ، وهذا في الواقع ما أثبتته العينات التي عاد بها رواد الفضاء الأمريكيين أخيرا بعد نجاح رحلاتهم التاريخية ، وعلى الرغم من قلة المعلومات التي كشفت عن هذه العينات ، الا أنه يستدل منها بصفة قاطعة على وجود علاقة وثيقة بين كوكبنا وتابعه القمر ٠

من ناحية أخرى هناك عدة اعتراضات وجهت الى هذه النظرية ، من أبرزها عدم امكان حدوث هذا الانفصال من الناحية الميكانيكية البحتة والأرض في حالة تصلب ، فاذا افترضنا أن الانفصال قد حدث حينما كانت الارض لم تزل جسما سائلا ، أو حتى خلال المراحل المبكرة من تصلبها ، فان المرونة التي تفترضها النظرية لاتمام عملية الانفصال لكفيلة بأن تؤدي الى التئام الفجوة واختفائها بعد ذلك مباشرة ٠ وعلى

فتلاشت ، وغطتها المياه ، وأصبحت جزءا من البحار ، في حين ارتفعت قيعان البحـار الجيولوجية المطمومة ، مكونـة سلاسل جبلية ، وأرضـا يابسة ، مـا زالت بقاياها شاخصة في الوقت الحاضر ، مثال ذلك قـارة ميلانيزيا في جنوب شرق آسيا وقارة أتلانتس التي وجدت بشمال غرب أوروبـا أثناء انطمام البحر الكاليدوني ، وقـارة أبلاشيا التي كونت رواسبها جبال الأبلاش ، وقارة كاسكيديا شمال غرب أمريكا الشمالية ٠

ولنعرض الآن لبعض الفرضيات التي تستند على الحركة :

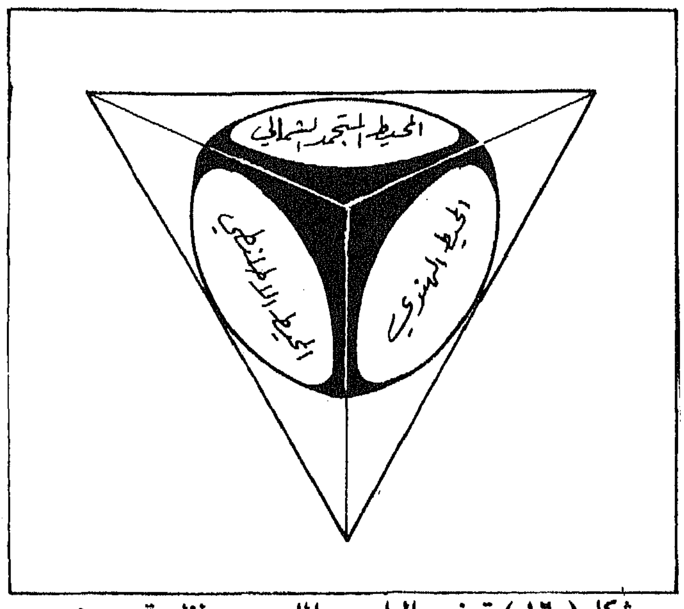
١ ـ نظرية الزحزحة :

نادى بها فجنر الالماني سنة ١٩١٢ الذي يذهب الى أن اليابس في أواخر العصـر الفحمي كان يتجمع كله في كتلة واحدة كبيرة ، عرفهـا باسم قارة بنجايا Pangaea ، التي كانت تتمركز حول القطب الجنوبي ، وتحيط بها المياه في بحر عالمي من جميع الجهات (شكل ١٧) ٠ وبانتهاء العصر الكربوني تعرضت هذه الكتلة لعوامل الانكسار والانشطار ، وأخذت أجزاؤها المتناثرة تتحرك بعيدا عن بعضها البعض ، حتى شغلت في النهاية مواضعها الحالية ، وبذلك انقسم المحيط الكبير الذي كان يحيط بجزيرة بانجايا الى عدة مسطحات مائية ، تتوزع فيما بينها كتل اليابس على النحو التي هي عليه الآن ، يساند هذه النظرية الظاهرات التالية :

أ) ـ تشابه أنواع الصخور وظروف البنية والتركيب الجيولوجي على كلا جانبي المحيط الأطلنطي ، الذي انفرج على حد تعبير النظرية نتيجة لابتعـاد اليابس الامريكي في حركته صوب الغرب ، فالالتوائين الكاليدوني والفارسكي في أوروبا يقتربان أحدهما من الآخر في بريطانيا غير أنهما لا يلتقيان ويتم تقاطعهما الا على الجانب الآخر من المحيط ، أي بشرق أمريكا الشمالية .

ب) ـ امكان انطباق السواحل الشرقية والغربية للمحيط الأطلنطي ، مما يعزز القول بأن الكتل اليابسة على كلا جانبي هذا المحيط كانت في وقت ما ملتصقة في كتلة يابسة واحدة .

خاصة المحيط الهندي ، وهي جميعا تمتد على شكل مثلثات تتجه برؤوسها نحو الشمال .



شكل (١٦) توزيع اليابس والماء حسب نظرية جرين

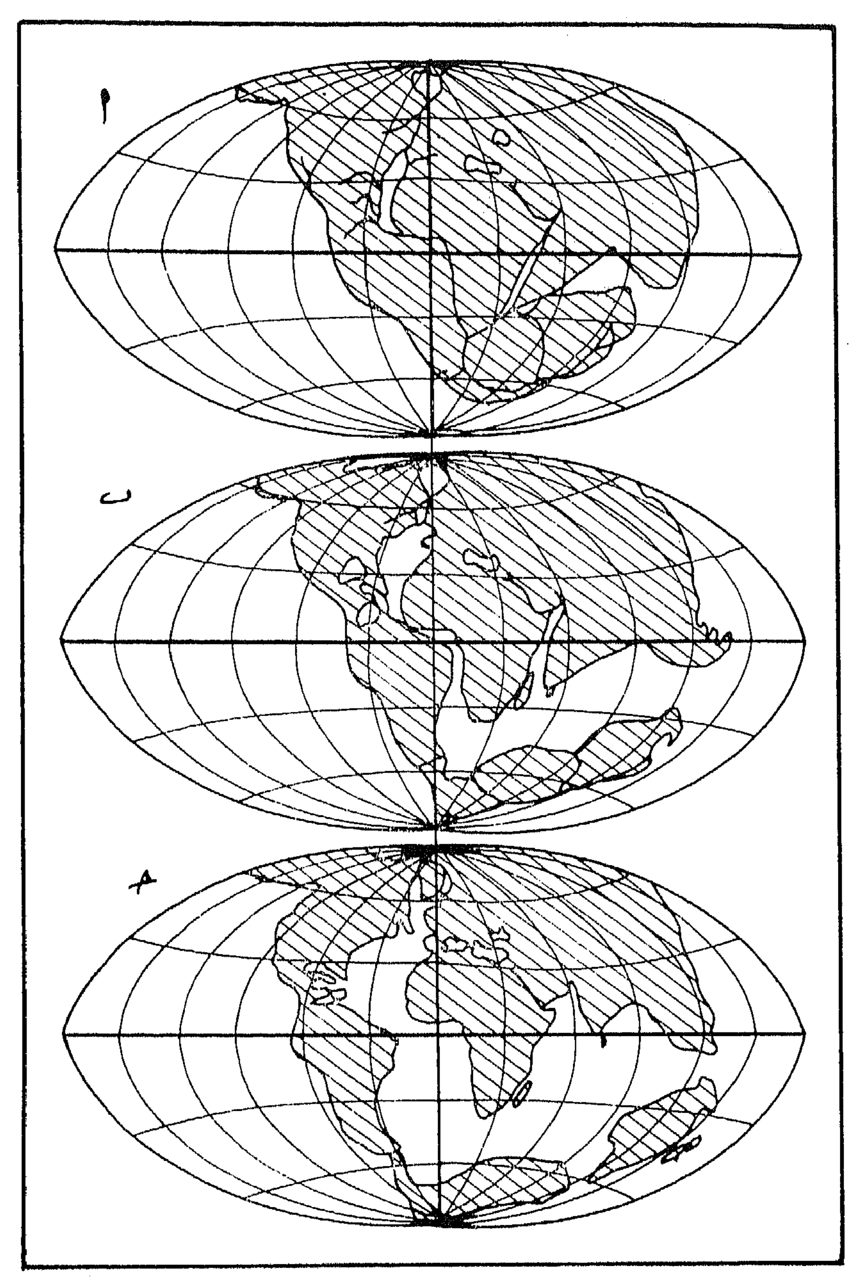
من مزايا هذه النظرية أنها تتفق مع الرأي القائل بأن الارض تفقد حرارتها بالتدريج ، مما يتبعه انكماش في كتلتها والتواء في قشرتها ، ولكي تتناسب القشرة الثابتة المساحة مع الباطن المنكمش ، فان الارض تتخذ شكلا قريبا من المنشور السابق وصفه ، حيث أنه أنسب الأشكال التي يجتمع لها أكبر سطح لأصغر حجم ، ولكن يعيب هذه النظرية عيب خطير هو أن عامل التوازن الأرضي لا يمكن أن يسمح للأرض باتخاذ أي شكل آخر غير الشكل الكروي ، فأي خروج عن هذا الشكل سواء للمنشور أو لغيره سيؤدي الى اختلال التوازن الا اذا عادت الأرض شكلها الكروي .

ثانيا ــ أما اذا افترضنا قبول الاحتمال الثاني ، ونعني بذلك اختلاف لنمط التوزيعي لليابس والماء خلال الازمنة الجيولوجية ، فان هذا

يمكن أن يتم باحدى وسيلتين : اما بواسطة حركات مركزية أي نحو مركز الأرض أو بعيدا عنه ، بحيث يمكن في الحالة الاولى أن تغور الكتل القارية لتطمرها المياه ، وتصير جزءاً من أعماق المحيط ، وفي الحالة الثانية فان مناطق من أعماق المحيط تنهض بعيدا عن المركز ، لتبرز فوق مستوى سطح الماء ، مكونة أرضا يابسة ، هذا بطبيعة الحال غير ممكن لانه قد تحقق الآن اختلاف أنواع الصخور وكثافتها بين المناطق القارية والمحيطية على نحو ما أوضحنا سابقا ، وبالتالي فهناك استحالة حدوث مثل هذا التغيير ، أضف الى هذا أن الرواسب المحيطية العميقة لم يثبت وجودها قط على الارض اليابسة ، كما أن الصخور القارية لا توجد قط في بنية الاحواض المحيطية العميقة تحت القاع ٠

أما الوسيلة الثانية لتغيير النمط التوزيعي فانها تكون بحركات أفقية نغير بواسطتها القارات مواضعها على سطح الارض ، وهذا ما تنادي به احدى الفرضيات المعروفة والتي لاقت وما زالت تلاقي قبولا كبيرا وأعني بهذا نظرية زحزحة القارات drifting continents وقبل أن ندخل في بعض تفاصيل هذه الفرضية ينبغي أن نذكر بأن أحد الاعتراضات الخطيرة التي وجهت اليها كانت تعذر تخيل القوة المحركة التي بواسطتها يمكن أن يتم تحريك كتل القارات على النحو الذي تفترضه هذه النظرية ٠

ولكن من ناحية أخرى يستند دعاة الحركة وتغير المواضع الى عدة أدلة ، من بينها وجود رواسب بحرية في جهات يابسة في الوقت الحاضر ، وهذا في نظرهم دليل على أن مياه البحر كانت في وقت ما تغمر هذه الجهات ــ وهذا صحيح ــ ولكن الملاحظ أن معظم هذه الرواسب تكونت في بحار ضحلة ، ومياه شاطئية ، كما هو الحال في طبقات الحجر الجيري الذي يتكون في بيئة مياه صافية ٠ دليل آخر هو ما يمكن أن نسميه بالقارات البائدة ، التي كانت في وقت ما تجاور ما يعرفه الجيولوجيين باسم البحار الجيولوجية geosynclines٭ من هذه القارات اشتقت الرواسب التي ملأت البحار الجيولوجية المجاورة ، حتى انخفض مستوى القارات



شكل (١٧) فكرة زحزحة القارات

جـ) – تشابه بعض الحفريات النباتيـــة المعروفة باسم Glassoptris التي عثر عليهــا في قارات نصف الكرة الجنوبي . كذلك تشابه بعض الفصائل الحيوانية ، كحيوان الكنجر والذي يوجد حاليا بأستراليا وعدد من جزائر المحيط الهادي ، مثل هذا التشابه لا يمكن أن يتم الا اذا كانت هناك صلة برية قديمة بين هذه الكتل القارية ، وقد دعا هذا البعض الى الاعتقاد بوجود معابر يابسة كانت تصل بين قارات نصف الكرة الجنوبي خلال حقبة ما من تاريخ الارض .

على أن أهم اعتراض واجهته النظرية كما ذكرنا ، هو تعذر توافر القوة التي كانت سببا في تحرك الكتل اليابسة في اتجاهات مختلفة مــن موضعها الذي افترضت النظرية وجوده حول القطب الجنوبي، الى الاماكن التي تشغلها حاليا . فالقوة الطاردة المركزية الناجمة عن دوران الارض ، وقوة المد الناتجة عن جذب كل من الشمس والقمر ، لا يكفيان وحدهما لاحداث الحركة ، حتى ولو تضاعفت هذه القوى ملايين المرات عما هي عليه في الوقت الحاضر ، يضاف الى هذا أنه على الرغم من تشابه ظروف البنية بين ساحل المحيط الأطلنطي الغربي والشرقي ، الا أن انطباق أحدهما على الآخر تماما أمر متعذر ، فانطباق الساحل الغربي لقــارة أفريقيا على الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية غير ممكن لوجود اختلاف قدره ١٥° بين الزاويتين .

وثمة صعوبة أخرى تواجهها هذه النظرية وهي أنه لو كانت عملية الزحزحة قد تمت خــلال العصر الكريتاسي كما افترض فجنر ، فــان المحيطين الأطلنطي والهندي أحدث بكثير من المحيط الهادي الحالي ، الذي يمثل بقايا المحيط القديم والذي كان على حد زعم النظرية يحيط بقارة بنجايا ، ولكن ليس هناك دليل واحد يثبت أن المحيط الهادي يشتمل على رواسب بحرية من ارسابات المياه العميقة أكثر سمكا أو أقدم عمرا من تلك التي وجدت بالمحيطين الآخرين .

على الرغم من هذه الاعتراضات الخطيرة فقد اكتسبت نظرية الزحزحة

حديثا أنصارا جددا بعد أن زعم البعض بأدلة واضحة أن اليابس الامريكي في حالة حركة بطيئة دائمة بالفعل ، كذلك يقال بأن الكتلة الغربية لشبه الجزيرة تتحرك شرقا تجاه الخليج العربي بضعة سنتيمترات في العام ، كما أن ساحل أفريقيا وأمريكا الجنوبية اللذان يحدان المحيط الأطلنطي الجنوبي يمكن انطباقهما تمام الانطباق ، اذا أخذنا في الاعتبار المنحدر القاري المطمور بالمـاء مقابل كلتا الكتلتين حتى عمق ٢٠٠٠ متر ، حينئذ فقط يزول الفرق ، وتسد الفجوة ، وتنطبق كتلة أمريكا الجنوبية على كتلة أفريقيا المقابلة ، دون ما حاجة الى الرجوع الى ما ذكره البعض من أن عدم الانطباق سببه أن شريحة من اليابس القديم قد تخلفت وبقيت في الوسط ، فطمرتها المياه ، مكونة ما نعرفه الآن باسم الحافة الوسطى بالمحيط الأطلنطي ، وقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك بأن هذه الحافة تخلو من المواد الجرانيتية المكونة لكتل القارات .

٢ ـ ثمة فرضيات أخرى ، تعتمد كأساس لها على نوع من الحركة الرأسية المنبعثة من مركز الارض ، ولكنها حركة تتحول الى اتجاه أفقي مماس لقشرتها في الحيز الخارجي . فالارض ـ تبعا لهذه الفرضيات ـ قد مرت بحالة السيولة قبل أن تبرد وتتصلب قشرتها على ما هي عليه الآن، وفي هذه الحالة من البديهي أن تنشأ تيارات حمل Convenction currents في المادة السائلة ، فوق الجهات التي توجد أسفلها تيارات حمل صاعدة من المركز نحو السطح تتكـون المحيطات ، اذ تنجاب عن مواضعهـا المواد الجرانيتية ، فتنحى جانبا . وحيث تهبط التيارات في مواضع أخرى ، فانها تسحب معها المواد الجرانيتية الخفيفة ، فتتراكم وتعلو مكانهـا القارات ، ولعل أفضل تشبيه لميكانيكية هذه الفرضية ما يحدث لاناء به سائل غليظ القوام كالعسـل حين يوضع على موقد ، فالزبد يرى وقد انزاح فوق تيارات الحمل الصاعدة ، ليتراكم في فقاعات فوق النقط التي تهبط فيها تيارات الحمل .

الفصل الخامس

عوامل تشكيل سطح الأرض

تعرضت قشرة الارض بعد تكوينها لعدة عوامل أدت الى ظهور ما بسطحها من تضرس وتفاوت من المناسيب بين بقعة وأخرى ، وما زالت هذه العوامل دائبة على تغيير معالم السطح وتشكيله ، منذ النشأة المبكرة وحتى الآن . ويميز الباحثون بين مجموعتين من هذه العوامل ، تعملان في اتجاهين متعارضين ، أولها العوامل الداخلية أو الباطنية Endogenetic Agents ومصدرها جوف الارض ومن شيمها البناء ، اذ تؤدي الى تخليق مظاهر التضرس الكبرى ، فتعمل على عدم انتظام السطح ، وتباين مستوياته ، بأن ترفع بعض بقاعه ، وتغور بالبعض الآخر ، فهي بذلك تعارض عمل المجموعة الاخرى من العمليات ، التي يطلق عليها اسم العوامل الخارجية أو الظاهرية Exogenetic Agents ، ومن شأنها العمل على تسوية وجه الارض ، بأن تنحت ما برز منه ، وتحمل حطام الصخور من هناك ، لتلقي بها في البقاع الغائرة .

وقد كان الاعتقاد السائد من قبل ، أن أشكال سطح الارض من جبال وهضاب ووديان وسهول وأغوار ، ترجع لنشاط مجموعة العوامل الباطنية وحدها ، أي الى قوى جوف الارض ، وما ينجم عنها من نهوض وارتخاء ، أما الآن ، فقد ثبت أن هناك تآزرا بين المجموعتين من العوامل الباطنية والخارجية ، في صياغة قسمات السطح المختلفة ، وقلما تتغلب مجموعة

العوامل الخارجية ، فتمحو كل أثر أحدثته المجموعة الاخرى من العوامل الباطنية على مر الزمان .

أولا ـ العوامل الباطنية

قشرة الارض أبعد ما تكون عن الثبات والاستقرار ، فهي دائما أبدا عرضة لحركات تكتونية داخلية ، ونشاط باطني لا يهدأ ، ليس أدل على ذلك من وجود مناطق من التكوينات الصخرية ذات الطبقات ، التي تحمل مستحجرات لكائنات بحرية ، في جهات يابسة ، تبعد الآن مئات بل آلاف الكيلومترات عن البحار . ولا شك أن هذه الصخور التي كانت في وقت ما مطمورة بماء البحر ، قد تعرضت لقوى ضغط باطنية شديدة ، أدت الى رفعها ، وانحسار مياه البحر عنها ، وظهورها على شكل كتل يابسة ، في الوقت الذي تعرضت فيه طبقاتها ، التي كانت أفقية في بادىء الامر ، الى عوامل الطي فتجعدت وانكمشت ، أو تصدعت وتكسرت .

كذلك وجود الصخور المتبلورة ، من مركبات جرانيتية أو بازلتية ، فوق سطح الارض ، دليل على ما اعترى بعض الجهات من اضطرابات باطنية ، سببت رفع الأجسام الصخرية من الأعماق الى السطح ، على شكل كتل اندفاعية جسيمة ، أو على شكل طفوح بازلتية سطحية ، أو صخور منصهرة ، تعرضت بعد ذلك للبرودة والتصلب على ظاهر الارض .

ويميز الدارسون بين نوعين من النشاط الباطني ، الاول من البطء والدأب بحيث لا يستطيع الانسان أن يلمس آثاره في عمره القصير ، ولكنه يستدل عليه فيما يشاهد من آثار واضحة ، لا مجال للشك فيها . أما النوع الثاني من النشاط الباطني فسريع مفاجىء ، نحسه ونقرأ عنه بين الحين والآخر ، ونعني بذلك الزلازل والبراكين ، وهي رغم عنفها ، فانها ذات آثار محدودة في مجال تشكيل سطح الارض ، وان كانت آثارها شديدة الوقع فيما تحدث من دمار وخراب أحيانا .

الحركات البطيئة :

هناك بعض بقاع ساحلية كانت مطمورة في وقت ما تحت ماء البحر ، ولكنها الآن تقع على ارتفاع عشرات الامتار فوق مستواه الحالي ، وأقرب الأمثلة لدينا على ذلك التكوينات المرجانية ، التي بنتها الكائنات البحرية في مياه البحار الدافئة، والتي توجد اليوم كشطوط عالية بكثير من سواحل البحر الاحمر ، ومنها ما يوجد على ارتفاع بضعة أمتار الى خمسة وأربعين مترا فوق مياه خليج العقبة ، على بعد بضعة كيلومترات جنوب ميناء العقبة الاردني .

وثمة مثال تقليدي على حركات القشرة البطيئة ، مأخوذ من أطلال سوق رومانية قديمة تعرف باسم معبد سيرابيس serapis الى الغرب من مدينة نابلي الايطالية ، فالأعمدة الثلاثة التي بقيت منتصبة فوق أطلال ذلك المعبد حتى يومنا هذا ، ترصعها ثقـوب كائنات بحرية marine clam لارتفاع يبلغ نحو ستة أمتار فوق أرضية المعبد ، وما زالت بعض أصداف هذه الكائنات عالقة في الثقوب . وعلى مقربة من أطـلال المعبد توجد أصداف هذه الكائنات بأعداد لا تحصى في رواسب تكسو أسطح بعض الجروف الارضية ، ترتفع بمقدار سبعة أمتار فوق منسوب البحر الحالي، كما أن نفس الكائنات تعيش اليوم بالمياه الشاطئية في تلك البقعة .

لا يمكن تعليل هذه الظاهرة بارتفاع منسوب سطح البحر في وقت ما أمام تلك البقعة بالقدر الذي سمح بغمر الأعمدة ، ثم عودة المنسوب بعد ذلك للهبوط الى مستواه الحالي ، في حين ظل منسوب سطح الارض بمنطقة الأطلال ثابتا ، لأنه لو حدث ذلك لوجدت آثار مشابهة بالمناطق الساحلية الاخرى على نطاق كوكبي ، وهو أمر لم يثبت قط . ومن ثم فان التعليل المقبول حينئذ ، هو أن سطح اليابس بالبقعة المذكورة ، قد هبط ثم ارتفع خلال فترة وجيزة للغاية ، أي فيما بين العصر الروماني كما يـدل عمر الأطلال ، وبين ١٥٠٠ ميلادية ، حيث يعتقد أن حركة الرفع قد حدثت .

كذلك خضعت بعض مناطق ساحلية أخرى للهبوط تحت سطح الماء ،

وكانت حتى عهد قريب أرضا يابسة ، من ذلك ما دلت عليه أعمال المساحة الدقيقة شمال جزر الآلوشي وآلاسكا ، حيث سجلت بعض التلال والحافات الجبلية الغائصة في مياه المحيط ، قريبا من سواحل هذه البقاع ، وقد لوحظ أن شبكات من الأودية، شبيهة بما يوجد على البر في الوقت الحاضر، تمزق سطح هذه الحافات وتفصل بينها ، ومن ثم فالتعليل الممكن لهذه الظاهرات ، هو أن تلك البقاع كانت في وقت ما جزءا من اليابس ، شكلته عمليات التعرية النهرية ، قبل أن تتعرض الارض لحركات الهبوط الباطني ، حتى طمرتها المياه بعمق يزيد على أربعمائة متر .

وأمثلة هذه البقاع الغارقة متعددة ، منها السواحل الخليجية بشرق الولايات المتحدة الامريكية ، وخليج سان فرنسيسكو بكاليفورنيا ، والقسم الجنوبي من بحر الشمال .

وتنقسم الحركات الباطنية البطيئة التي تصيب قشرة الارض الى نوعين ، حركات تعمل في وضع رأسي ، أي من أسفل الى أعلى ، والعكس، ومصدرها باطن الارض ، وتعرف عادة باسم الحركات البانية للقارات Epeirogenic ، ثم حركات أخرى تعمل في وضع أفقي ، في اتجاه مواز لسطح الارض ، وتعرف بالحركات المكونة للجبال Orogenic . ويلاحظ أن هذين النوعين من الحركات وان تمايزا ، الا أنهما مرتبطان ، فالحركات الرأسية ، سواء كانت الى أعلى أو الى أسفل ، تصحبها في العادة حركات أفقية ، ونفس الشيء يقال عن الحركات الأفقية ، فسلاسل جبال الطي كما سنرى وان كانت نتيجة مباشرة لقوى الضغط الأفقي التي تسبب تجعد الرواسب ، الا أن تكوين مثل هذه السلاسل يصحبه حركات نهوض رأسية قد تستمر لفترات طويلة بعد انتهاء حركة الطي ، ومن ثم تكتسب الجبال مناسيبها الشاهقة بالتدريج .

نشأة الاراضي الجبلية :

الحركات الأفقية هي المسؤولة عن نشأة معظم السلاسل الجبلية ، ووسيلة هذه الحركات في خلق الجبال تتلخص في قوى الشد والضغط التي

تمارس على بقاع معينة من القشرة الارضية ، فتحدث لذلك تشوهات تستجيب لها الصخور بالطي أو التصدع ، وقد تعرضت معظم صخور القشرة لنوع أو لآخر من التشوهات ، فتغيرت لذلك خصائصها الطبيعية والكيميائية . ويصاحب حركات التشوه والرفع عادة اندساس كتل هائلة من صخور الجرانيت وغيره من الصخور النارية ، مثل صخور الجابرو والبازلت التي تنبثق الى السطح . ومع هذا ينبغي أن نذكر بأنه لايشترط أن تكون جميع التكوينات الرسوبية الكبرى على وجه الارض قد أصابها التشوه والنشاط الناري ، فهضبة كولورادو الامريكية رفعت طبقاتها أكثر من ١٥٠٠ مترا دون تشوه يذكر .

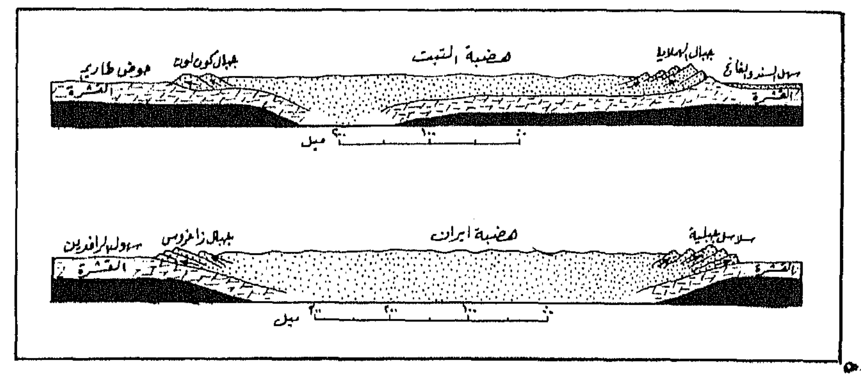
يعتقد بأنه لكي تتكون سلسلة من الجبال ببقعة ما من سطح الارض ، فلا بد أن تمر بسلسلة من الأحداث ، تبدأ بتراكم الرواسب في طبقات يبلغ سمكها آلاف الأمتار ، في أحواض كبرى تحت ظروف مياه ضحلة ، فيما يعرف باسم البحار الجيولوجية geosynclines ، يتبع ذلك تصلب هذه الرواسب وتماسكها كصخور صلدة في عملية تعرف باسم التحجر lithification ، وأخيرا تأتي الحلقة الاخيرة في هذه السلسلة بتعرض تلك الطبقات للضغط ، فتنثني وتتشوه ، لتبرز أرضا يابسة فوق مستوى مياه البحر الذي أرسبت فيه .

وترتبط البحار الجيولوجية في نشأتها بما تتعرض له قشرة الارض من تغضن أو تجعد ، بسبب عامل فقدان الحرارة الباطنية بالتدريج ، فالارض اذ مرت في تاريخها المبكر بحالة من السيولة والانصهار لارتفاع درجة حرارتها ، فانها مع مضي الزمن فقدت الكثير من تلك الحرارة ، خاصة من غلافها الخارجي المواجه للفضاء ، ومن ثم تصلب هذا الغلاف أولا ، وبلغ أقصى درجات البرودة فثبتت كتلته .

وفي نفس الوقت ظلت حرارة الباطن عالية ، وما برح هذا الباطن يفقد حرارته وينكمش ، أي يتضاءل حجمه بالتدريج ، لهذا فانه يتعين على الغلاف الخارجي الثابت من حيث الحجم والمساحة ، أن يتلاءم مع

الباطن المنكمش المتضائل تحته ، وهذا بطبيعة الحال لا يتأتى الا اذا تغضن الغلاف واقتضبت مساحته فتجعد ، ويترتب على ذلك تولد قوى ضغط تعمل على تشوه صخور القشرة الخارجية وطيها وتكسرها . هذه العمليات اذن هي مصدر الطاقة التي أدت الى رفع بعض بقاع القشرة ، وتعرضها للتعرية ، التي اشتقت منها الرواسب ، وحملتها وسائلها لتملأ بها البحار الجيولوجية ، تلك البحار هي التجعدات الحوضية المقعرة التي نشأت حتما فيما بين البقاع التي برزت من القشرة . ينبغي أن نشير هنا الى أن جميع العمليات السابقة تطلب انجازهـــا أزمانا سحيقة ، فالبحار الجيولوجية لا تنشأ بين يوم وليلة بل انها تمر بمراحل طويلة من التشكل والتطور ، تبدأ بانحناء بطيء الى أسفل على طول مساحة من القشرة ، فتغور و تنصب اليها الرواسب التي يساعد تزايد ثقلها على استمرار هبوط القـــاع تحتها ، ومن ثم فان هذا الموضع يظل يغور كلما أضيفت اليه أثقال جديدة ، حتى تبلغ الرواسب على القاع الهابط عمقا تصبح معه محاطة من جميع جهاتها بمواد القشرة الباطنية الأكثر كثافة . عندئذ تتوقف عملية الهبوط ويصبح من المتعذر استقبال أية كميات أخرى من الرواسب فيصل البحر الجيولوجي مرحلة الامتلاء التام . بعد ذلك تأتي مرحلة الحركة والتشوه ، فأثناء انطمام البحار الجيولوجية وامتلائها بالرواسب تظهر للوجود عوامل أخرى تفضي مباشرة لحركات البناء والرفع التي تبرز الجبال ، ويبدو أن هذه العوامل لا تظهر الا بعد أن يبلغ سمك الطبقات المتوضعة على قيعان البحار الجيولوجية حدا أدنى يقدر بنحو عشرة آلاف متر ، لأنه لم يعرف حتى الآن من سلاسل الجبال ما قل سمك الرواسب التي نشأت عنها عن هذا الحد ، وعند هذا العمق تصبح الرواسب المدفونة عرضة لحرارة الباطن الشديدة ، فتهن مقاومتها للضغوط الخاضعة لها ، ولذا فانهـــا تنثني في حدبات مقوسة الى أعلى ، بدلا من أن تغوص هابطة ، فتبدأ بذلك مرحلة تكون سلاسل الجبال ، واذا استجابت الصخور قرب السطح للضغوط بالتفلق والتكسر ، فانها في الاعماق تلين وتمط وتغير من أشكالها وكتلها حين تنساب في بطء أثناء طيها .

في هذه المرحلة تندس أجسام من الصهير أو المهل في تضاعيف الطبقات الصخرية المنطوية ، حتى ليقال بأن التعرية الداخلية لجميع السلاسل الجبلية الكبرى على وجه الارض قد غزتهـا كتل عظيمة من الجرانيت ومركبات الصخور النارية ، استمرار حركات الضغط على جوانب البحار الجيولوجية مقرون بتمدد الصخور حين تسخن وتنصهر بالاعماق ، كلها من العوامل التي تساعد على رفع الكتلةالارضية برمتها بعيدا عنالباطن، فالصخور على جوانب البحار الجيولوجية تندفع الى أعلى والى الخارج على طول فوالق هائلة تصدع القشرة ، وتكون مساحات من الاراضي الملتوية ، في حين أن صخور البقاع الوسطى من البحار ترتفع الى أعلى مكونة الهضاب المستوية نسبيا كما هو موضح (شكل ١٨) ٠



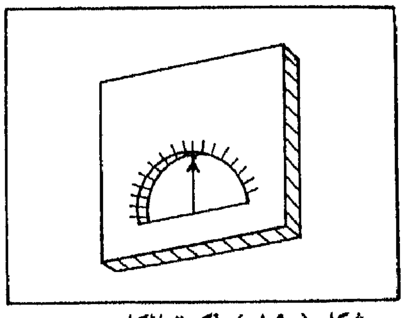
شكل (١٨) نشأة جبال الطي والهضاب البينية

بنية الصخور المشوهة :

يبرز التركيب البنائي للصخور المشوهة بوضوح من خلال القطوع التي تحدثها المجاري النهرية حين تعمق أوديتها في كتل الجبال والاراضي المرتفعة ، فجوانب الأودية الخانقية عبارة عن مقاطع جيولوجية تعرض للعيان التراكيب والبنيات الداخلية لطبقات القشرة وصخورها المندمجة ، التي لا تظهر بأسطح البقاع المنبسطة حيث تخفي الطبقات السطحية أو أغطية التربة معالم البنية تحتها ، ولدينا على ذلك أمثلة عديدة نذكر

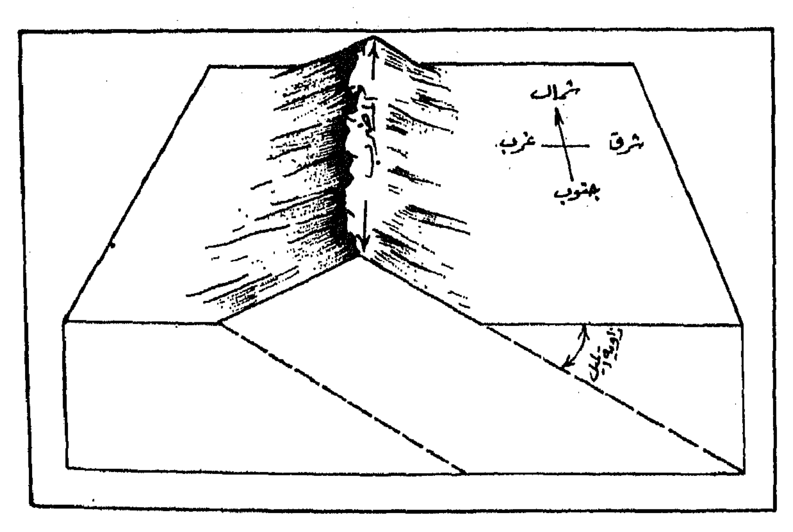
منها وادي الزرقاء والموجب والحسا وغيرها كثير من المجاري النهرية والأودية الخانقية ، خاصة قرب مصباتها في البحر الميت ، أو عند دخولها منطقة الغور على مناسيب دون سطح البحر . من خلال هذه المقاطع تشاهد الطبقات الصخرية المنتمية لعصور جيولوجية مختلفة وقد التوت أو انطوت وانقلبت ، في حين تصدع بعضها وتكسر ، على أنه كثيرا ما توجد طبقات الصخور الرسوبية في أوضاع أفقية تقريبا فوق مساحات واسعة من سطح الارض ، ويدل هذا على هوادة الحركات الارضية التي تعرضت لها مثل هذه الطبقات أثناء رفعها فوق منسوب المياه التي تكونت فيها ، أو تمتع السطح باستقرار نسبي اذا كانت الرواسب من الانواع القارية التي توضعت فوق أرض جافة .

ولكن يندر أن تكون كتل الصخور الطباقية في أوضاع أفقية تماما ، بل الغالب أن تميل في اتجاهات متباينة بدرجات متفاوتة ، ويقدر هذا الميل بمقدار الزاوية الحادة التي يحدثها سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي ، وهذا ما يعبر عنه بزاوية الميل angle of dip وتتراوح ما بين ٠١ و ٩٠٠ ويكون الميل في اتجاه معين يعرف باسم اتجاه الميل ، ويقاس هذا الاتجاه بواسطة البوصلة العادية ، أما مقدار زاوية الميل فيقاس بجهاز بسيط يسمى الكلينوميتر clinometer ، وهو عبارة عن مسطرة مثبت في وسطها نصف قرص مدرج من المعدن ، صفر تدريجه في المنتصف ومقسم الى ٩٠ تدريجا على الجانبين ، معلق في محور القرص من أعلى مؤشر يتحرك طرفه الاسفل فوق القرص بسهولة (شكل ١٩) ، فاذا وضعت



شكل (١٩) فكرة الكليتوميتر

المسطرة فوق سطح منضدة أفقي تماما استقر المؤشر على صفر التدريج ، فاذا رفع أحد جوانب المنضدة قليلا فمال سطحها بقي المؤشر في وضع عامودي في الوقت الذي يشير فيه الى درجة الميل الناتجة عن الرفع. ويسمى الخط الأفقي العامودي على اتجاه ميل الطبقات باسم مضرب الطبقة strike ، وهو كاتجاه الميل يقاس بالبوصلة أيضا . وعلى ذلك فالطبقات التي تميل شرقا أو غربا يكون مضربها شماليى جنوبي أو بالاختصار شمالا (شكل ٢٠) .

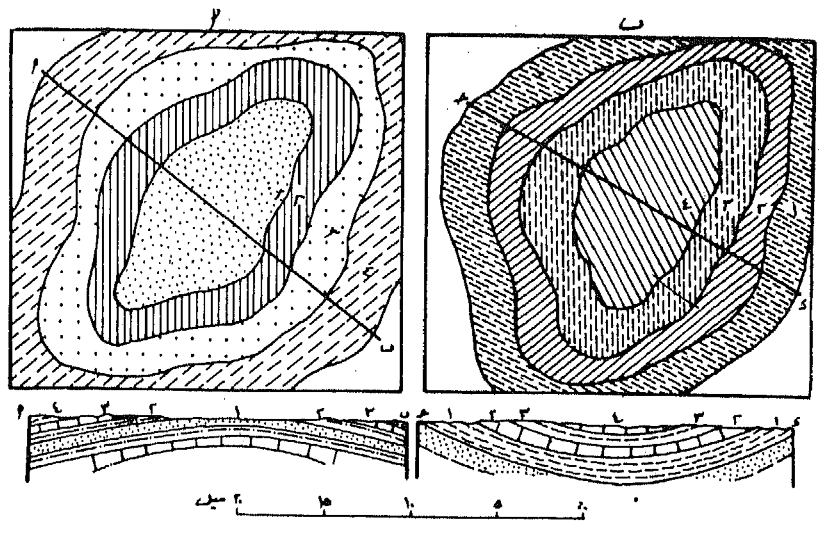


شكل (٢٠) الميل والمضرب

انواع التشوهات :

أولا — التقبب : Doming ، تصاب الصخور أحيانا بتشوهات تؤدي الى تقوسها بحيث تميل طبقاتها في كافة الاتجاهات ، بعيدا عن منطقة مركزية في حالة القباب domes ، أو نحو نقطة مركزية في حالة الاحواض التكتونية. ويختلف التعبير عن النوعين من البنيات على الخرائط والمقاطع الجيولوجية متى تعرضت هذه البنيات للتعرية فانكشفت مكوناتها ، ففي حالة القباب توجد أقدم التكوينات الصخرية تجاه قلب القبة ، وأحدثها نحو الاطراف ،

على العكس تبدو أحدث التكوينات في حالـة الأحواض نحو أواسطها ، وأقدامها تجاه الحواشي كما هو موضح بالرسم (شكل ٢١) .



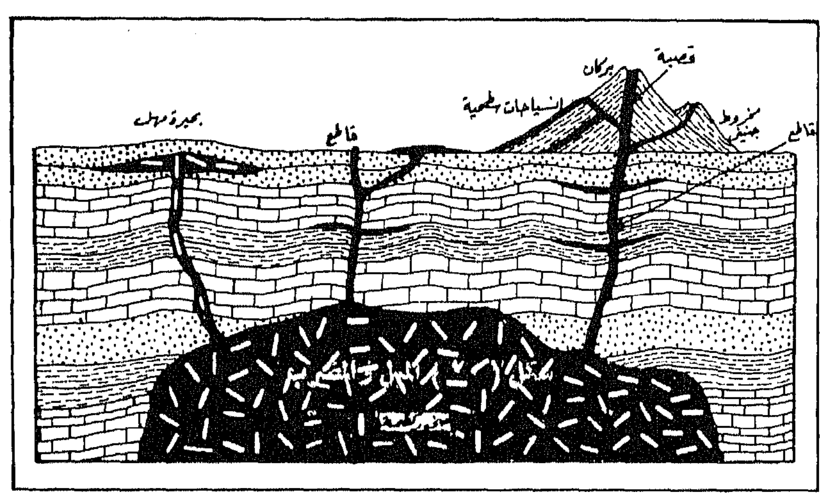
شكل (٢١) القباب والاحواض التكتونية

والبنيات القبابية على أنواع :

١ ـ قباب نارية النوايا : قد تكون النوايا النارية بهذا النوع مـن القباب على شكل كتل عدسية مقوسة الى أعلى ، تعرف باسم الباثوليث Batholith ، ويعتقد بأن اندساس هذه الاجسام من الصخور النارية تحت وفي تضاعيف الصخور الرسوبية هو السر في حركة الالتواء والتقوس الى أعلى ، بيد أنه قد لوحظ أن كتل الصخور النارية في بعض الحالات يرجع عمرها الى عصور سابقة على حركة التقبب ، من ذلك قبة التلال السوداء Black Hills في داكوتا الجنوبية وشرق وايومنج بأمريكا ، حيث قدر أن عمر النواة النارية بهذه القبة يرجع الى عصر ما قبل الكمبري ، في حين أن حركة التقبب تنتمي لحركة اللاراميد Laramide Revolution التي حدثت نحو نهاية الزمن الجيولوجي الوسيط mesozoic . وتتابع التكوينات الصخرية في هذه القبة المنهارة من الداخل الى الخارج على النحو التالي : أولا توجد

صخور جرانيتية ، فأخرى متحولة من رالشست تشغل المنطقة المركزية من التلال ، تحيط بها بعد ذلك طبقات من الحجر الجيري ، والحجر الرملي نحو الحواشي .

أحيانا تكون الاجسام الصخرية النارية الموجودة بنوايا القباب على شكل عدسات مسطحة أو مقلوبة ، أي مقعرة نحو السطـــح ، محدبة نحو الباطن فيما يعرف باسم البحيرات الصخرية Laccolithic ، وفي هذه الحالة تندس مصهورات الصخور النارية بين تضاعيف الطبقات الرسوبية عـــن طريق سطوح الانفصال ، فتجمد بينها على شكل صحاف متباينة السمك ، أو سدود أفقية قليلة الأثر في تشويه الطبقات (شكل٢٢) ومن أبرز أمثلتها مرتفعات هايوود .



شكل (٢٢) الاندساسات النارية

وهنـــاك نوع من القباب يعرف باسم البنيـــات البركانية المـــوؤدة cryetovolcanic structures ويعتقد أن هذا النوع نتج عن انطلاق الغـــازات البركانية فجأة من جوف الارض ، ولكنها ظلت محتبسة على أعماق بعيدة من السطح ، مسببة انتفاخ التكوينات الصخرية حولها ، ومن المرجح أن

تكون هذه العملية تعبيراً دقيقا عن براكين كظيمة ، لم تتمكن من الخروج الى النور ، وقد عرف هذا النوع من القباب أول الامر بحوض شتاين هايم Steinheim B. بجنوب المانيــا وأمكن التعــرف على عدد منها بعد ذلــك بالولايات المتحدةومن بينها قبة Hicks بمقاطعة هاردن Hardin بولاية الينوي وغيرها بولاية كنتكي وانديانا وتنسي وأبرز المعالم المشتركة بين جميع هذه القباب أشكالها الدائرية وارتفــاع أواسطها ، وتميزها بخطوط التصدع ، التي تعبر عنها نطاقات من الصخور طحنت وسحقت بفعــل حركات التصدع المزمنة .

كذلك تتشابه هذه القباب في عدم وجود أي نوع من الصخور البركانية على السطح أو قريبا منه ، وتتراوح أقطارها في المعتاد بين ثلاثة وخمسة كيلومترات ، كما يرتفع بعضها ما يقرب من ٥٠٠ متر فوق مستوى الارض المحيطة به . وقد يكون التعبير الطبوغرافي لهذه البنيات موجبا ، بمعنى أنها تمثل مرتفعات بارزة على هيئة تلال منفردة اذا كانت الصخور التي تشكلها من أنواع صلبة شديــدة المراس ، والعكس اذا كانت الصخور رخوة فان التعبير الطبوغرافي للتقبب في هذه الحالة يكون سالبا أي أنها تشكل منخفضات حوضية غائرة دون مستوى ما حولها من أرض .

٢ ــ القباب الملحية Salt Domes : وهي عبارة عن بنيات قوسية صغرى ، مردها اندساس أجسام من الرواسب الملحية بين طبقات الصخر ، ومن ثم جاءت التسمية ، وتتراوح هذه القباب في أشكالها بين محدبات طولية ، وبين قباب متكورة متسطحة ، قلوبها من الملح الصخري ، تغلفها طبقات من الجبس والجبس المائي anlydrite والحجر الجيري أو الدولميت ، ولا تزيد أقطارها في المعتاد على بضعة كيلومترات ، وتوجد أحسن أمثلتها بمنطقة ساحل الخليج بولايتي تكساس ولويزيانا وبجبال هارتز الالمانية وسهول شمال آلمانيا وعلى الجانب الجنوبي من مرتفعات الكريات كما أنها تعرف أيضا بكل من رومانيا والجزيرة العربية والجزائر والمغرب .

كالحال في الانواع السابقة قد يكون التعبير الطبوغرافي لهذه التراكيب

البنائية سالبا أو موجبا ، ولكن الايجاب أعم ، اذ ترتفع معظم هذه القباب ما بين بضعة أمتار وبضع مئات من الامتار عما يجاورها ، وهي في الغالب قباب شابة غير متداعية ، تـدل عليها شواهد معينة كوجود أنواع مـن حشائش البراري الملحية ، أو الرشوح الملحية تجاه أواسطها ، وقد تشغل أواسط سطحها بحيرات أو مناقع مقفلة ، كما أن بعضها يتميز بوجود آبار أو نبوع مالحة بالقرب منها ، وكثيرا ما يدل عليها نمط التصريف المائي لشبكة المجاري والروافد النهرية ، خاصة اذا كان التصريف من النمطين الحلقي والمتشعع ، وعـادة ما يشتمل الغطاء النباتي والتربة بمناطق القباب الملحية على أنـواع غريبة تختلف عن المألوف بتربات ونباتات المناطق المحيطة .

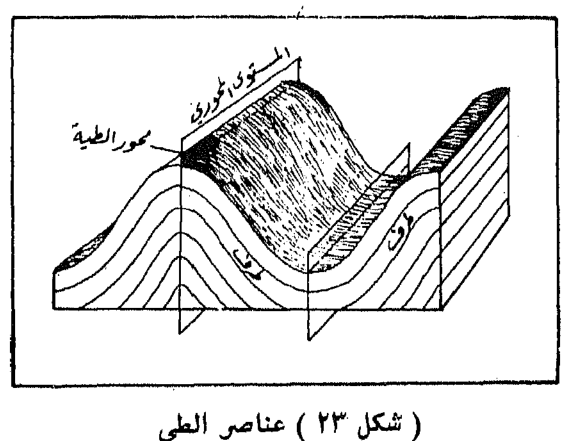
٣ ـ القباب القوسية broad domal warps : وهي من أشيع الانواع ببعض مناطق الصخور الطبقية ، وتختلف عما سبق في عـدم ظهور أجسام من الصخور النارية أو الملحية بقلوبها ، ويدل عليها تقوس لطيف بطبقات الصخور على نطاق اقليمي ، قد يكون من الضآلة بحيث لا تدرك العين الميل للوهلة الاولى حتى لتبدو الطبقات وكأنها أفقية تماما ، جيولوجية مثل هذه البقاع هي الدليل على وجود التركيب القبابي ، وذلك حيثما وجدت تكوينات صخرية قديمة في منطقة مركزية تحيطهـا حلقات من تكوينات أحدث ، كما قد تنشأ ظاهرة الكويستا كتعبير طبوغرافي على وجود القبة ، من الصعب الجزم عما اذا كانت مثل هذه البنيات ترجع الى تقوس الطبقات بسبب ضغوط جانبية ، أو لنشاط قاري على أعماق بعيدة deep-seated لم تنكشف شيء من صخوره عند السطح ، أمثلتها لدينا جبل عجلون والسامرة ، وقبة أبي رواش الى الغرب من اهرامات الجيزة .

ثانيا ـ الطـي :

يشبه ما تتعرض له الصخور الرسوبية من طي بما يحدث لمفرش المائدة اذا أزيح بضغط اليدين من جانبيه ، فتجعد في موجات تتألف من حافات

طولية محدبة ، تفصل بينها طيات مقعرة هابطة ، فالطيات تعني ببساطة تجعدات تصيب طبقات الرواسب وهي في حالة الليونة ، وتختلف هذه الطيات في أبعادها من بضعة سنتيمترات كما هو الحال في عينات الصخور المتحولة ، الى بضع مئات من الكيلومترات بمناطق السلاسل الجبلية الكبرى .

وغالبا ماتنشأ الطيات في مجموعات متقاربة ويتألف كل منها من العناصر التالية : الجزء المحدب أو المقوس الى أعلى من التجعد يعرف باسم التحدب أو الطية المحدبة ، أما الجزء الذي تقوس الى أسفل فيعرف باسم التقعر أو الطية المقعرة ، ويطلق على جانبي الطية سواء محدبة أو مقعرة اسم الطرفان limbs ، وقد تتألف بعض الطيات من أطراف مفردة كما سنوضح في موضع آخر ، أما الخط المتوسط فيما بين الطرفين على امتداد قمة التحدب أو على امتداد قاع المقعر فيعرف باسم محور الطية (شكل ٢٣) ، وفي حالة ما اذا كان هذا المحور أفقيا وتآكلت أجزاء من الطية بدت



(شكل ٢٣) عناصر الطي

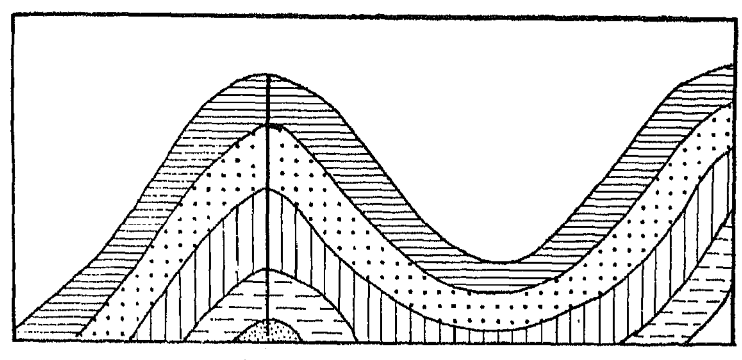
حوافي الطبقات الصلبة المتبقية كخطوط متوازية ، أما اذا كان المحور مائلا فان الطبقات تقترب من بعضها البعض في اتجاه الميل حتى تلتقي في نقطة تلاشي الطية التي تعرف حينئذ باسم طية متناهية ، plunging fold

وتبدو في شكلها الخارجي كدبوس الشعر ، ويمكن تمييز الطية المحدبة من المقعرة ، ففي الحالة الاولى يكون اتجـاه الميل نحو الخارج أي بعيدا عن المحور وتكون أقدم الطبقات داخـل الشكل الذي يحدوه الدبوس ، والعكس بالنسبة للطيات المقعرة حيث تميل الطبقات الى الداخل تجاه المحور وتوجد أحدث التكوينات داخل الشكل الذي يرسمه الدبوس .

أما المستوى المحوري axial plane للطية فهو خط يمر بمنتصف الطية تماما ، عمودي على محورها ، وفي حالة الطيات المنتظمة يكون الطرفان متشابهان تماما في خصائصهما على كلا جانبي المستوى المحوري ، وأحيانا يكون هذا المستوى عاموديا في الطيات القائمة المنتظمة ، ولكن في الغالب تكون حركات الطي من العنف بحيث يميل المستوى المحوري في اتجاه حركة الضغط بدرجات متفاوتة ، وتكون الطيات في هذه الحالة غير متماثلة ، وقد يحدث أن تكون حركة الدفع من العنف بحيث يميل كلا الطرفان في نفس الاتجاه فيما يعرف باسم الطيات المتوازية الاطراف isoclinal fold وهذا النوع من الطيات شائـع بكثير من المناطق الجبلية التي تعرضت لاضطرابات باطنية عنيفة ، ويصعب التعرف على هذا النوع من الطيات اذا أزالت عوامل الحت قممها ، لان كلا من الطيات المحدبة والمقعرة عندئذ تتشابه ، ويلزم لذلك تتبع مثل هذه البنيات فيمناطق مجاورة ، حيث تكون العلاقات بين الطبقات ونظام ارسابها لم تزل بعد في حالة معقولة مـن الوضوح ، لم تود بها عوامل الازالة .

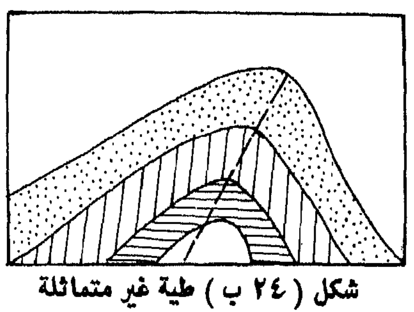
وتبين مجموعة الاشكال التالية بعض الانواع الشائعة من الطيات : فالشكل (٢٤ ــ أ) يبين تحدبا متماثلا symmetrical anticline ويلاحظ أن طرفي الطية يميلان على الجانبين بزاويتين متساويتين بالنسبة للمستوى الافقي ، كما أن المستوى المحوري يقسم الطية الى نصفين متناظرين ، ونفس الشيء يقال أيضا عن التقعر المتماثل كما يبدو بالشكل .

اذا اختلفت زاوية الميل بالنسبة للطرفين عن المستوى الافقي عـلى الجانبين نشأت طيةغير متماثلة asymmetrical ، وفيها يكون المستوىالمحوري



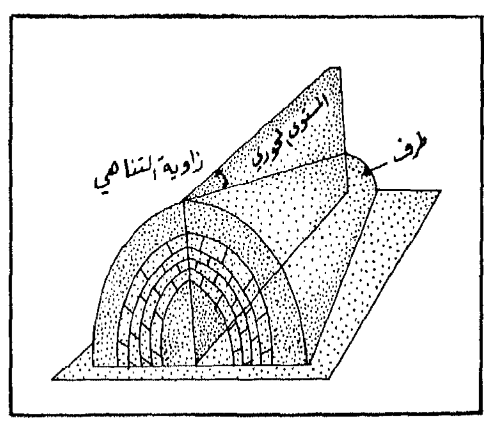
شكل (٢٤ ا) محدب متماثل

الذي ينصف الزاويــة بين الطرفين مائــلا عن الضلع الرأسي (شكل ٢٤ ـ ب) ٠



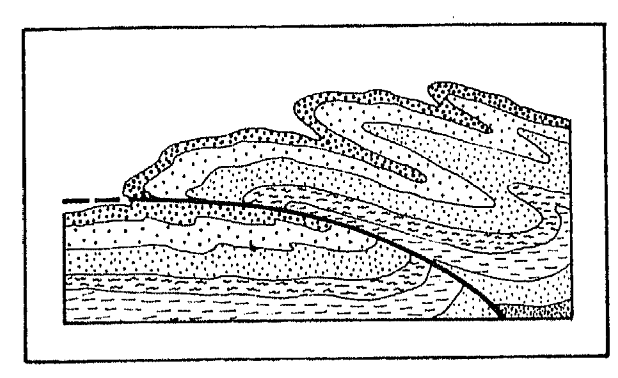
شكل (٢٤ ب) طية غير متماثلة

وفي الشكل (٢٤ ـ ج) تبدو طية متناهية حيث يميل محورهـا عن



شكل (٢٤ جـ) طية متناهية

المستوى الافقي ليتلاشى نهائيا تحت مستوى السطح ، وتعرف الزاوية التي يصنعها المحور مع المستوى الافقي بزاوية التلاشي angle of plunge أما الطية المتوازية فهي التي يميل كلا طرفاها في نفس الاتجاه فاذا ما زاد الميل عن ذلك أصبح المستوى المحوري في وضع أفقي وتكون الطية من النوع المستلقي (شكل ٢٤ ـ د) . تلك هي الانواع البسيطة من الطيات



شكل (٢٤ د) طيات زاحفة

simple folds ، وهي التي غالبا ما توجد في مجموعات تتكون كل منها من عدد من الطيات المحدبة بينهـا مقعرات ، ولكن هناك أنواع أخرى من الطيات المعقدة التكوين هي ما يعـرف بالطيات المركبة composite folds التي تتكون من نوع واحد أو أكثر من الانواع البسيطة السابقة ، مركبة على تحدب أو تقعر كبير anticlinorium و synclinorium (شكل ٢٤ ـ هـ) .

وكثيرا ما تكون الطيات المركبة ذات أبعاد كبيرة تغطي رقاعاً اقليمية من سطح الارض حتى لتشمل أقطارا برمتها ويطلق عليها حينئذ تحدبات اقليمية regional anticlines أو تقعرات اقليمية regional synclimes ، تصـل أبعادها مئات الكيلومترات ، وتنمو هذه الطيات العظمى ببطء شديـد ، فتتآكل قممها أثناء عمليات الرفع ، ومن أشهر أمثلة التحدبات العظمى توس سنسناتي بولاية أوهايو الامريكية ، الذي تميل طبقاته في لطف بعيدا عن خط محور متوسط يمتد نحو ٤٠٠ كيلومتر .

ثالثاً ـ التصدع : Faulting

الحركات الباطنية التي تسبب تجعد القشرة الارضية وطيها تكون في المعتاد من البطء والهوادة بحيث تمنح الصخور فرصة كافية ، كي تتلاءم ، دون أن يلحقها تكسر وتمزق ، خاصة اذا كانت الصخور دفينة بالأعماق ، ولكن أحيانا تكون الحركات من القوة والسرعة بدرجة تؤدي الى تمزق الصخر وانشطاره ، فتلحق بالكتل الارضية خلوعا تظهر بصفة خاصة تجاه سطح الارض ، أو على أعماق يسيرة منه ، وتتخذ هـذه الخلوع شكل فوالق fractures ، تتراوح في أبعادها بين شروخ مجهرية صغرى لا ترى بالعين المجردة ، وبين صدوع كبرى breaks تمتد مئات الكيلومترات ، لهذه الفوالق والصدوع أهميتها بالنسبة للانسان اذ تسهل عليه عمليات التعدين والتحجير عند استغلال الموارد المعدنية والصخرية ، كما أنهـا تنشط دورة المياه الجوفية ، وتسبب أحيانا تكون ارسابات معدنية لخامات بعض الفلزات والاملاح ، كذلك لهـذه الخطوط من الضعف القشري أهميتها الجيومورفولوجية ، اذ أنهـا تمهد السبيل أمام عوامل الوهن التي تدب منها الى قلب الصخر ، ممثلة في التجوية والانهدام والنحت ، فالفوالق والتشققات بالقشرة تعرف باسم المفاصل اذا لم يحـدث على جوانبها حركة ما ، أما اذا سجلت حركة نسبية رأسية أو أفقية على أحد جانبي فالق أو على كلا الجانبين عرف ذلك بالصدع fault .

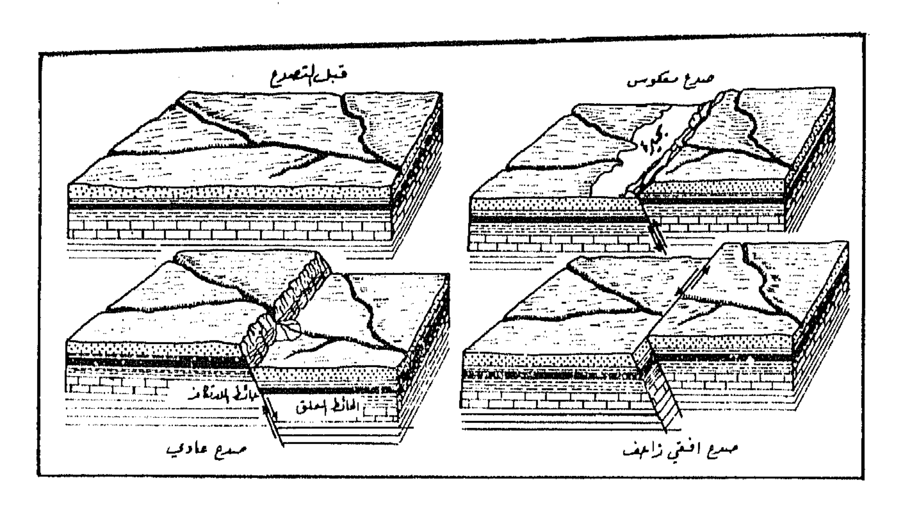
الحقيقة أنه لا توجد وسيلة أكيدة لتقرير الحركة الفعلية للكتـل الارضية على جوانب الصدوع ، حتى ولو تأكدنا من حدوث ذلـك بما يلاحظ عادة من انشطار كتل صخرية أو طبقات رسوبية واضحة على جانب صدع ما ، فالحركة اذن نسبية يتعذر معها القول عما اذا كان أحد الجانبين قد هبط بالنسبة للآخر الذي ظل ثابتا أم أن كلا الجانبين تعرضا للرفع أو الهبوط ولكن بدرجات متفاوتة .

تصنيف الصدوع :

عنـد تصنيف الصدوع يؤخذ بعـين الاعتبار الخلوع الظاهريـة

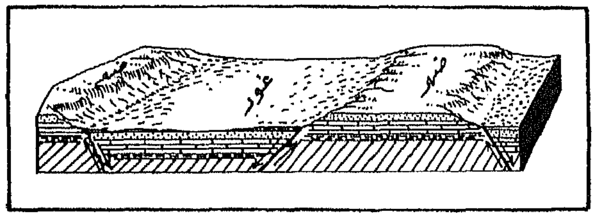
apparent dislocations ، والحركة النسبيــة للكتل المصدوعــة ، فلمعظم الصدوع فوالق مائلة عن الاتجاه الرأسي ، ومن ثم فان أحد جانبي الكتلة الارضية المصدوعة يركب الجانب الآخر تحته ، ويطلق على الاول اسم الجانب أو الحائط المطلق ، وهو الذي يكون وضعه فوق خط الصدع ، أما الجانب الآخر فيعرف بحائط الارتكاز (شكل ٢٥) ، ويلاحظ أن مثل هذه التسميات لا تنطبق على الصدوع العامودية وهي قلة ، اذا كان اتجاه حركة الحائط المعلق الى أسفل كان الصدع من النوع العــادي normal fault (شكل ٢٥ ــ ب) .

أما اذا كانت الحركة الظاهرية للحائط المعلق الى أعلى كان الصدع من النوع المعكوس reverse (شكل ٢٥ ــ جـ) أو الضاغط ، الذي اذا زاد ميل الفالق به عن ٤٥° عرف بالصدع الزاحف thrust fault . فاذا ما اقترنت حركة أفقية بالحركة الرأسية على جانبي الصدع سمي بالصدع المائل الزاحــف oblique - slip fault ، ولكن اذا كانت الحركة الظاهريــة أفقية جانبية فحسب كان الصدع زاحف المضرب strike - slip fault أو صدع جانبي lateral faull (شكل ٢٥ ــ د) .



شكل (٢٥) أنواع الصدوع

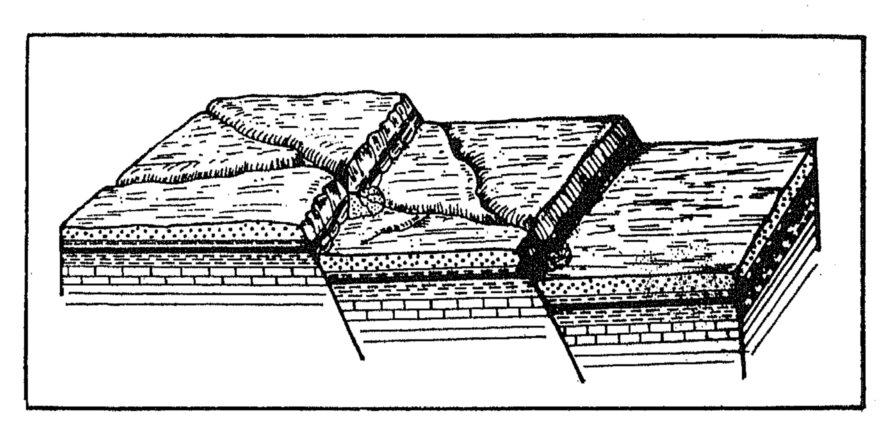
ويعرف مقدار الفـارق الرأسي في منسوب الطبقات أو التكوينـات الصخرية المتنـاظرة على جانبي صدع ما باسم رمية الصـدع throw والجانب الخفيض منه باسم الجانب الهابط downthrow side أمـا الجانب الآخـر فيطلق عليه في هـذه الحالة اسم الجانب النـاهض أو المرفوع upthrow side ، وغالبا ما تتعقد العلاقة بين خطوط التصدع ورمياتها في بقاع متجاورة من سطح الارض ، فينشأ عن ذلك في بعض الجهات ظاهرات تضريسية تعد بمثابة ملامح كبرى للسطح ، من ذلك الأخاديد أو الحفر الانهدامية الطولية rifts أو الأغوار graben ، التي قد يمتد بعضهـا آلاف الكيلومترات وتغور عما يجاورها آلاف الامتار (شكل ٢٦) ، فاذا حدث



شكل (٢٦) حفرة صدعية

وهبطت شريحة من السطح على طول صدعين متجاورين نشأ الأخدود ، أما الجانبان المرتفعان فيعرفان باسم الضهور horsto وهي كلمة المانيـة بمعنى عش النسر ، من أبرزها الأخدود العظيم بشرق أفريقيا وتتمته في غرب آسيا حيث يبلغ طوله وفروعه نحو خمس محيط الكرة الارضية ، وهو عندنا ممثل في خليج العقبة ووادي عربة والبحر الميت وغور الاردن وامتداده في سهل البقاع. وقد تضاربت الآراء بشأن نوع الحركةوطبيعتها على طول الصدوع الرئيسية التي تحد هذا الغور ، فبعض الباحثين يؤكد أنها صدوع عادية أدت الى نشأة منطقة وسطى هابطة في حين ظهر رأي آخر ينادي بوجود صدوع ضاغطة على كلا الجانبين أي أن النهوض تم على الحوائط المعلقة ولكن أخيرا نادى كونيل Quennell بوجود حركة أفقية هائلةقدرها بما يزيد على ١٧٠ كم مسندا آراءه بعدمالتناظر الطوبوغرافي لظاهرات السطح على الجانبين .

ومن أمثلة هذا النوع من الأخاديد أيضا وادي الراين الذي يشغل حوضا هابطا يبلغ طوله نحو ٣٢٠ كيلو مترا وعرضه حوالي ٣٠ كيلومترا وتحده مرتفعات الغابة السوداء وجبال الفوج . وأحيانا تتفاوت الحركة على طول صدوع متقاربة تهبط بعض الكتل بمقادير مختلفة بالنسبة لنهوض البعض الآخر ويعرف هذا النوع بالصدوع السلمية step faults ويبدو أن بعض بقاع أخدود الاردن (شكل ٢٧) تنتمي لهذا النوع .



شكل (٢٧) صدع سلمي

التعبير الطبوغرافي لخطوط التصدع :

يسبب اختلاف الحركة الرأسية على جوانب الصدوع تباين مناسيب سطح الارض وتكون ما يعرف باسم الجروف الصدعية fault scarps وقد أمكن تمييز الكثير منها بمناطق الجبال والمرتفعات، حيث يبلغ ارتفاع بعضها مئات الامتار ، وفي معظم الاحيان يبدو أن هذه الجروف لم تتكون نتيجة لحركة واحدة ، بل لحركات متعاقبة تفصل بين نبضاتها فترات من الهدوء النسبي ، وهناك ما يدل على أن الضغوط المسببة للحركات تتلاشى حينما تتحرك الكتل الصخرية فتنزلق أو تنهض بضع عشرات من الامتار ، يعقب ذلك استقرار قد يستمر مئات أو آلاف السنين قبل أن تتراكم الضغوط فيتكرر النبض وتحدث الحركة مرة أخرى .

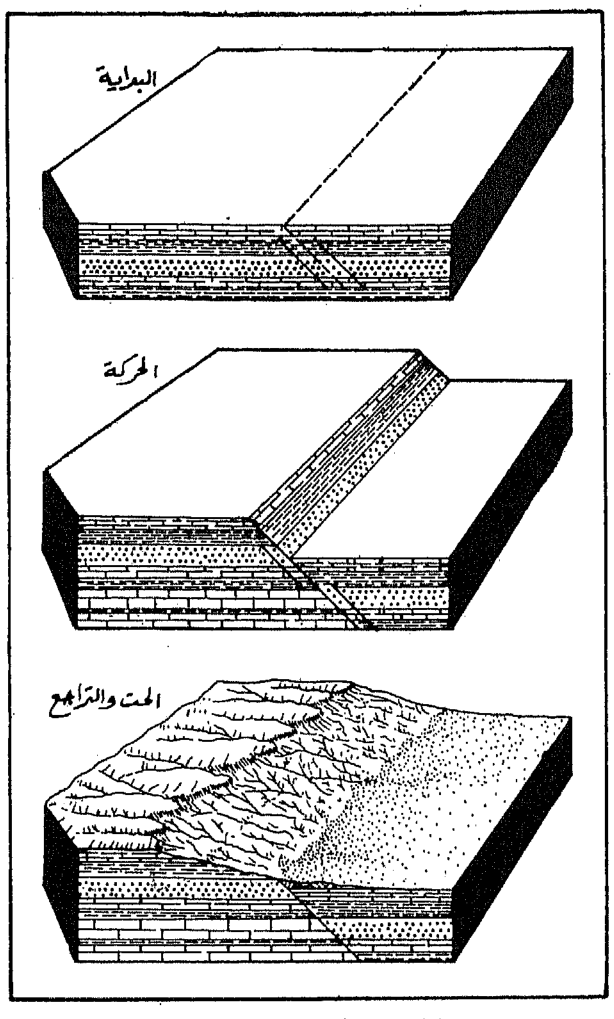
ببروز الجروف الصدعية تشرع عوامل النحت والازالة في اكتساح المواد من حواف وأسطح الكتل المرفوعة ، فتتراجع جوانب الجروف بعيدا عـن مواضع التصدع ، وتعرف حينئـذ بجروف النحت erosion scarps وفي نفس الوقت تتآكل الكتـل الارضية التي نهضت فتهبط مناسيبهـا تدريجيا ، فاذا لم تتجدد الحركة لفترة زمنية كافية زال التباين الناجم عن الحركة السابقة وتحول سطح الكتل الى سهل نحت مستو فيه تختفي فوالق الصدوع تحت غلالات متفاوتة السمك من الرواسب ، ولا يمكن تمييزها الا من خـلال مقاطع تكشف ما تحت الرواسب السطحية من بنيـة .

اذا استمر الاستقرار فترة زمنية أطول ولم تتجدد الحركة فربما ظهرت جروف من نوع آخر وفي وضع معكوس تعرف بجروف خطوط التصدع fault linescarps تمييزا لها عن جروف التصدع الأصلية ، وأنسب الظروف لذلك أن تكون الطبقات المكونة للكتل الارضية من أنواع تتفاوت في صلابتها ومقاومتها لعمليات الحت والازالة ، فاذا فرض وكانت التكوينات التي انكشفت عند أسطح الكتل المرفوعة بعد تسويتها من أنواع أقـل مقاومة بالنسبة للصخور المشكلة لأسطح الكتل الهابطة أصلا ، كان معنى ذلـك سرعة زوال المواد التي يتألف منهـا السطح بالنسبة للكتل التي تعرضت سابقا للنهوض ، فيهبط مستواهـا على طول جروف خطوط التصدع ، أي أن التغيير الطوبوغرافي للسطح في هذه الحالة عكس النمط البنائي الأصلي ، وهنا قد يلتبس الامر على الباحث فيخطىء التمييز بين الجوانب الناهضة والجوانب الهابطة أصلا (شكل ٢٨) .

الحركات السريعة :

أولا ـ الزلازل :

وهي حركات تموجية تصيب القشرة الارضيّة ، وتنتشر من مراكز معينة في قشرة الارض في جميع الاتجاهات ، منها ما تكون الحركة فيه



شكل (٢٨) مصير الصدوع

رأسية ، بدليل أن بعض الاجسام الثقيلة كالصخور والمباني تتطاير في الفضاء أثناء الزلزال ، ومنها ما يحدث على مستوى أفقي وهي الانواع الغالبة ، ومنها ما تكون الحركة فيه دائرية رحوية أي في جميع الاتجاهات ، هذه الحركات الزلزالية وان كانت محدودة الأثر في تشكيل سطح الارض في الوقت الحالي فانه ، من المعتقد أنها كانت خلال عصور جيولوجية سابقة

أكثر فاعلية ونشاطا ، حتى ليشبهها البعض بأنها حاليا لا تمثل سوى همسة رقيقة تخلفت عن عاصفة هوجاء ، اجتاحت سطح الارض أثنــاء الحركات الأوروجنية الألبية في الزمن الجيولوجي الثالث ، وتنقسم الزلازل عادة الى ثلاثة أنواع حسب مراكزها وأسباب حدوثها :

أ ــ الزلازل التكونية :

وترتبط بالصدوع ولاعوجاجات warpomgp الكائنة في قشرة الارض. ولذا كان هذا النوع من أكثر الحركات الزلزالية شيوعــا وانتشارا ، ويمتاز بعمق المراكز ، ويعتقد أن أسباب الهزات ترجع الى الحركات التي تصاحب هبوط أو ارتفاع الكتل الارضية على جوانب الصدوع ، وما يصحب هذا من احتكاك وتضاغط جوانب الكتــل الصخرية المصدوعة بعضها مع بعض ، فتتولد لذلك حركات أو موجات تسري خلال الغلاف الصخري الخارجي للقشرة ، ومن أمثلة هذا النوع زلزال سان فرنسيسكو الذي حدث على طول صدع سان أندرياس في كاليفورنيا سنة ١٩٠٦ .

ب ــ زلازل بلوطنية :

يكون مبعث الحركة في هذا النوع الاعماق السحيقة من باطن الارض .

جـ ــ زلازل بركانية :

وهي التي تصاحب الثورانات البركانية في بعض الاحيان ، وقد كان من المعتقد أن هذه الثورانات ، خاصة الانواع الانفجارية منها ، تؤدي الى حدوث الهزات ، ولكن لوحظ أن الثوران الكبير الذي نسف بركانا كاملا من براكين باندائي سان في اليابان ١٨٨٨ ، لم يحدث سوى هزة خفيفة ، سرت في مساحة محدودة ، مما يدعو البعض الى الاعتقــاد بأن الحوادث البركانية ليست سببا رئيسيا للزلازل ، ولا سيما وأن كثيرا من الزلازل العنيفة الواسعة الانتشار ، لم يرافقها أي ثوران بركاني ، بل على العكس

قد تكون الزلازل سببا في حدوث النشاط البركاني حين تسبقه كما سنفصل فيما بعد .

تسجل الزلازل بواسطة آلة السيسموجراف seismograph ، وتبدأ الموجات الزلزالية حركتها من مصدر يقع على بعد بضعة كيلومترات تحت سطح القشرة الارضية ، ثم ينتشر في جميع الاتجاهات ، ويسمى هذا المصدر بالمركز الرئيسي للزلزال Focus ، وأول بقعة تصل اليها هـذه الموجات الزلزالية بعد انبعاثها من مصدرها الاصلي هي البقعة الواقعة فوق هذا المصدر الاصلي تماما ، وتسمى بالمركز السطحي Epicentre ، وعند هذا المركز السطحي يكون أول احساس بالهزة الزلزالية ، ومنه تبدأ الموجات في الانتشار في جميع الاتجاهات .

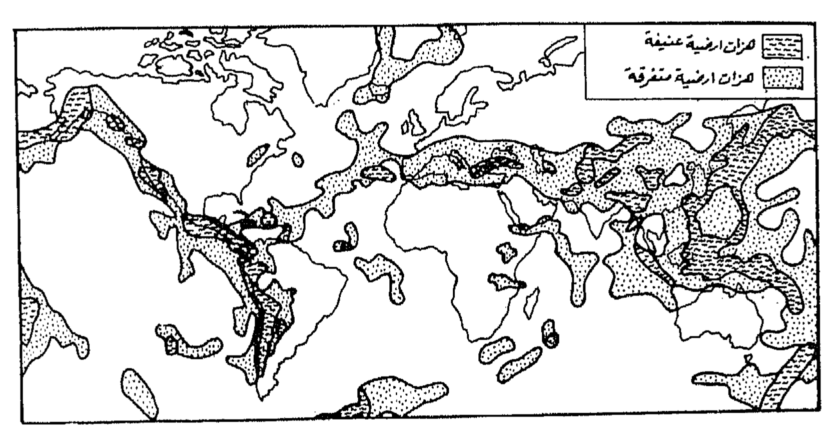
أما عن آثار الزلازل في تشكيل سطح الارض ، فانها لا تعدو احداث تشققات في القشرة ، كذلك الذي أعقب زلزال سـان أندرياس ١٩٠٦ بكاليفورنيا ، حيث انفرجت هوة طولية في سطح الارض أمكن تتبعهـا لمسافة ألف كيلومتر بتلك الولاية ، وأيضا قد تؤدي الحركات الزلزالية لتغير مناسيب سطح الارض في بقاع محدودة ، ففي الزلزال الذي انتاب تشيلي ١٨٢٢ ارتفعت منطقة تبلغ مساحتها ٢٥٠ ألف كيلومتر مربع نحو متر واحد عن منسوبها قبل الزلزال ، كما أنه بزلزال آخر في نفس القطر انخفضت بعده شقة ساحلية يبلغ طولها نحو ١٩٠٠ كيلومتر فيما بين مدينتي أنتوفاجاستا وفلديقيا ، فطغت عليها مياه البحر .

التوزيع الجغرافي للزلازل :

يلاحظ أن مناطق الكتل الصلبة القديمة مثل كتلة كندا وسكانديناوة والرصيف الروسي والكتلة العربية وشمال أفريقيا ، كلها بقاع قليلة التأثر بالحركات الزلزالية ، في حين أن مناطق الجبال الألبية الالتوائية الحديثة ، تنتابها باستمرار موجات زلزالية عنيفة ، خاصة بالمناطق التي تتغير فيها هذه السلاسل اتجاهاتها فجأة ، فتحدث لذلك الصدوع ، وتكثر

عليها الحركات الزلزالية ، من أمثلة ذلك القوس الجبلي العظيم للهيمالايا حين تلتقي مع سلاسل جبـــال ايران في الغرب أو مع قوس جبال يانان وامتدادها في شبه جزيرة الملايو وجزر اندونيسيا في الشرق .

وبناء على ذلك فان غالبية مناطق النشاط الزلزالي تتركز في مناطق السلاسل الجبلية الحديثة بشكل واضح ، اذ أن قشرة الارض بهـذه النطاقات الجبلية لم تستقر بعد ، فهي في ارتخاء أو نهوض مستمرين ، أو خسف دائم ، أي أن الحركات فيها لم تنقطع بعد ، فقد اتفق العلماء على أن أكثر الزلازل التي تصيب جبال الكريات والابنين والبرانس وجبال أطلس ومنطقة الأنتيل ، انما تنشأ من استمرار حركة الخسف في الكتل القديمة ، التي التصقت بها الجبال الحديثة ، وتتمثل الأقاليم الرئيسية التي تحدث بها ظاهرة الزلازل في المناطق الآتية (شكل ٢٩) :



شكل (٢٩) توزيع الزلازل

أ ـ منطقة دائرية حول المحيط الهادي ، وبها يحدث أكثر من نصف الزلازل بالعالم ، ومن المعتقد أن وجود الأخاديد البحرية العميقة الى جوار السلاسل الجبلية الشاهقة هو السبب في الضعف القشري بهذه البقاع ، مما يؤدي الى استمرار الحركة ، فقوس جزر ألوشيان يحده من الشرق أخدود عميق ومن الغرب بحر اليابان ، وقوس جاوه الذي يحده من الجنوب

أخدود بحري ومن الشمال بحر جاوه ، ونطاق الجبال الالتوائية في أمريكا الجنوبية حيث يوجد أخدود اتكاما من الغرب وهضبة تتكاكا من الشرق ، وتتميز جميع هذه المناطق بالاضافة الى تركز أكثر من نصف زلازل العالم بها ، بنشاط بركاني كبير ، اذ تنتشر بها الكثير من البراكين ، بعضهـا خامد والبعض الآخر يثور من آن لآخر .

ب ـ منطقة حلقة ليبي Libbey's cirdle وهي عبارة عن نطاق عرضي ، يطوق الكرة الارضية من الشرق الى الغرب ، ويبدأ في أمريكا الوسطى فاصلا بين قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية ، ثم يتجه شرقا مخترقـا المحيط الاطلنطي الاوسط ، ثم يمتد بعد ذلك في اليابس الأوراسي على شكل شريط عريض يرتبط امتداده بامتداد الجبال الالتوائية في قارتي أوروبا وآسيا ، ممثلة في جبـال البرانس والألب والكربات والقوقاز والهيمالايا ، ومنها الى الجنوب الشرقي في أرخبيل جزر أندونيسيا ، ومما تجدر ملاحظته أن مناطق الضعف بهذا النطاق تتضح على طول خطوط التقاء هذه الجبال الحديثة بكتل الهضاب القديمة ، من أمثلة ذلك جبهة التقاء جبال الأبنين في شبه الجزيرة الايطالية ـ وهي جبـال التوائية حديثة ـ مع منطقة الصخور النارية القديمة ، ممثلة في هضبة تسكانيا ، التي تمتد بين نهر الأرنو في الشمال وخليج نابلي في الجنوب ، فعلى طول خط الالتقاء السابق ، توجد منطقة ضعف في القشرة ، تجعل المنطقة أبعد ما يكون عن الاستقرار والثبات ، فقد تكرر تعرضها للزلازل على مدى الأزمنة .

جـ ـ المنطقة الثالثة من مناطق النشاط الزلزالي ، تقـع في نطاق الضعف القشري بالمحيط الاطلنطي ، على شكل نطاق طولي يمتد من شمال جزيرة أيسلند الى الطرف الجنوبي من المحيط الاطلنطي ، وينتشر في هذا النطاق العديد من الجزر البركانية ، مثل جزر كناري والآزور والرأس الاخضر ، التي يمكن اعتبارها بمثابة القمم العالية لحافة بحرية غائصة تحت مياه المحيط الاطلنطي الشمالي ، تعرف باسم حافة دولفن ، وتتألف

هذه الجزر من صخور بازلتية، يرجع تكوينها الى الزمنين الثالث والرابع ، وعلى الرغم من خمود النشاط البركاني بها ، الا أنه ما زالت هناك بعض البراكين الثائرة ، وتمثل جوانب الحافة الغائصة الوسطى بحوض هذا المحيط منطقة الضعف القشري التي تنشأ على امتدادها الزلازل ، ففي الشمال توجد حافة Dolphin ، يحدها من الشرق والغرب حوضين عميقين ، وفي الجنوب توجد حافة تشالنجر ، التي تحدها أيضا أحواض عميقة ، مما يجعلها دائما أبدا عرضة للتقلقل وعدم الاستقرار .

د ــ منطقة أخاديد شرق أفريقيا وجنوب غرب آسيا وترتبط هذه المنطقة بنطاق ضعف عظيم في قشرة الارض ، يمثلها أخدود كبير يمتد من الشمال الى الجنوب ، ويبدأ في وادي البقاع بلبنان بين جبال الأنصارية في الغرب وجبال لبنان الداخلية في الشرق ، ثم يتجه الأخدود جنوبا ليظهر في فلسطين في بحيرة طبرية وغور الاردن والبحر الميت ووادي عربــة ، ثم يستمر الأخدود جنوبا في خليج العقبــة والبحر الاحمر حتى عدن ، حيث يغير الأخدود اتجاهه الى الجنوب الغربي ويتفرع الى شعبتين ، تقع بأحدهما بحيرتي رودلف ونيفاشا ومنها الى الشرق من هضبة البحيرات . أما الشعبة الاخرى فتقع فيها مجموعة بحيرات البرت وادوارد وتنجانيقا ونياسا ، وقد تكون هذا الأخدود على طول خطوط تصدع ، وتوجد به من الشواهد العديدة ما يدل على نشاط باطني عنيف ، من ذلــك الطفوح الغطائية البازلتية التي انبثقت من باطــن الارض فغطت منطقة هضبة حوران بسوريا ، وهضبــة الحبشة ، والمخاريط البركانية المنفردة في هضبــة البحيرات بأعالي النيل ، التي منها جبل Klimangaro وجبل كينيا وجبل Elgon وسلسلة جبــال ممفمبرو mfumbiro ، هذا يــدل على النشاط الباطني الحديث الذي تعرض له هذا النطاق من سطح الارض في أزمنة جيولوجية قريبة .

زلازل قاع المحيط :

كثيرا ما تكون الزلازل في عرض البحار أو على هوامشها ، وقد لوحظ

أن كثرة الزلازل البحرية تتناسب مع شدة انحدار الشواطىء ، وبهذا فهي كثيرة الحدوث على شواطىء الهادي ، حيث تتواجد الخنادق العميقة أكثر منها على شواطىء الاطلنطي أو الهندي ، ويعتقد بأن قيعان هذه الخنادق تتعرض للخسف أو الهبوط الفجائي ، حينما تنوء بحمولتها من الرواسب التي تتكدس فيها من المناطق اليابسة المجاورة ، وينجم عن ذلك تعمق هذه الحفر وحدوث زلازل تنتشر منها الى الجهات المجاورة ، ويصاحب ذلك عادة موجات التسونامي ، وهي أمــواج عظيمة الطول والسرعة ، تسري في المحيطات من جانب لآخر .

وعلى سواحل اليابان لوحظ انهيــار كتل كبيرة من مادة السيال ، واختفائها تحت قاع البحر ، ويبلغ حجم هذه الكتل أحيانا عشرات الملايين من الامتار المكعبة ، ومما لا شك فيه أن غور هذه الكتل الجسيمة في مادة السيما بشكل فجائي يسبب زلزلة القشرة حول مكان الخسف ، وهبوطا فجائيا لماء البحر مكان الحفرة الحادثة ، وينشأ عن هذا اهتزاز سطح البحر بعنف قبل عودته الى مستواه السابق ، فينجم عن هذه الاهتزازات أمواج التسونامي التي تجتاح الشواطىء وتحدث النكبات ، وفي نفس الوقت يؤدي ضغط الكتل الهابطة على مواد الباطن المنصهرة الى اندفاع هذه المواد الى أماكن الضعف في المواضع المجاورة ، فتحدث البراكين الجديدة ، أو يتجدد نشاط البراكين الخامدة حولها .

ويؤخذ كدليل على حدوث هــذه الانهيارات وخسف قــاع البحر ، ما لوحظ من انقطاع الحبال الهاتفية الغليظة الممدودة عبر المحيطات لتصل القارات قرب مراكز الزلازل . ففي عــام ١٨٩٤ انقطع قرب الشاطىء الامريكي ثلاثة منها يبعد الواحد منها عن الآخر نحو ٢٠ كيلو مترا ، وقد انقطعت كلها معا على بعد واحد من الساحل ، وكان ذلك خلال زلزال صغير ، كما حدث في زلزال ١٨٩٦ الذي أصاب اليونان أنه انقطع الحبل الهاتفي الــذي يربط جزيرة كريت بجزيرة زانتي Zante ، ثم وجــد المهندسون أن أحد طرفي الحبل المقطوع مدفون على عمق أربعمائة متر

في قاع البحر ، دون مستوى الطرف الآخر ، مما يدل على الخسف الذي أصاب قاع البحر مكان الحبل .

ثانيا ـ النشاط البركاني :

لهذا النوع من الحركات الارضية السريعة آثار أبلغ من الزلازل في تشكيل مظاهر سطح الارض ، وان اقترن النوعان من الحركات في كثير من البقاع ، وترجع الاشكال الارضية التي يخلفهـا النشاط البركاني الى انبثاق طفوح بازلتية ، وصخور منصهرة ، ومقذوفات وأبخرة وغازات مختلفة من الباطن ، تستقر فوق السطح ، وتبرد مكونة هضابا عاليـة واسعة الانتشار ، أو قمما جبلية مخروطية شاهقة ، وبناء على هذا يمكن تقسيم الاشكال الارضية الناجمة عن هذا النشاط الى :

أ ـ النشاط الهادىء : وفيه تخرج المواد الباطنية الى السطح من خلال شقوق طولية في قشرة الارض ، دون انفجار ، فتغطي مساحات واسعة ، مكونة الهضاب والبنيات المائدية الشكل ، كما هو الحال في هضبة حوران بسورية وامتدادها في شمال شرق المملكة الاردنية ، وطفوح الدكن في شمال غرب هضبة الدكن الهندية ، وهضبـة الحبشة ، وهضبة كولمبيا بولاية واشنطن الامريكية ، وامتدادها شرقا بحوض نهر سفيك في ولاية أيداهو . ونظرا لاشتمال المواد المنبعثة من الباطن بهذه الجهات على أنواع مختلفة من المعادن ، فان تفكك الصخور وتحللها بفعل عناصر الجو يؤدي الى وجود تربات خصبة ، كالحال في تربات الدكن الصالحة لزراعة القطن بالهند ، وتربة المجرى الادنى لنهر النيـل المشتقة من صخور هضبة الحبشة .

ب ـ أما النوع الثاني من النشـاط البركاني فيتميز بالعنف ، وفي بعض الاحيان بالانفجار ، وفيه تندفع المواد الباطنية من فتحات دائرية الشكل تقريبا ، تعرف باسم الفوهة ، وأحيانا قد يكون للبركان الواحد أكثر من فوهة ، وقد تتحول هذه الفوهات بعد أن يخمد البركان الى بحيرات

في الجهات الرطبة ، وتتصل الفوهة بالقصبة أو المدخنة وهي عبارة عن قناة أسطوانية تصل الى غرفة الصهير أو المهل magma بالطبقات الباطنية من القشرة حيث توجد المواد المنصهرة (شكل ٢٢) . وغالبا ما تتشعب المدخنة أو القصبة مكونة مخروطات بركانية مركبة ، أما المخروط البركاني فهو عبارة عن جسم البركان ، وغالبا ما يكون على شكل مخروط منتظم انحدار الجوانب ، مستدير القاعدة ، ويتراوح ارتفاع المخاريط البركانية بين تلال يبلغ ارتفاعها بضع مئات من الامتار ، وبين جبال شاهقة يتجاوز ارتفاعها بضعة آلاف من الامتار . كما قد تكون المخاريط جبالا منفردة كبركان فوجي ياما باليابان أو سلاسل مستمرة من الجبال كالحال في سلسلة Sierra Volcanica Transversal بالمكسيك .

يمكن أن نميز بين الانواع الآتية من المواد الباطنية التي تخرج أثناء النشاط البركاني :

١ ــ المواد الصلبة :

وتشمل الرماد Ashes والمقذوفات البركانية ، أما الرماد فهو عبارة عن مواد معدنية على شكل حبيبات دقيقة ، تنتشر تحت ضغط انفجار الغازات والابخرة ، فترسب حول المخروط ، أو قد تحملها الرياح مسافات بعيدة قبل هبوطها الى السطح ، ففي حالة بركان كراكاتوا بجزيرة جاوة الذي ثار سنة ١٨٣٨ حملت الرياح رماده مسافات بعيدة حول الكرة الارضية ، ولعل هذا الرماد كان السبب في انتشار الشفق الاحمر في تلك السنة ، مما كان يضفي جمالا بالغا على السماء في أوقات الغروب ، أما المقذوفات البركانية فهي مواد صلبة تصاحب الانفجارات البركانية العنيفة وتكون على شكل قطع من الحصى في حجم الجوزات يقال لها Lapilli ، أو الجمرات الخامدة Cinders ؛ وتنطلق بقوة مع الغازات وتكون في حالة انصهار ، ولكنها اذ يطاح بها في الهواء فانها لا تلبث أن تبرد فتتصلب ، وتسقط على الارض حول الفوهة التي خرجت منها .

٢ ـ المواد السائلة :

وهي عبارة عن صخور منصهرة ، تخرج من غرفة المهـل ، وتسمى باللابة ، أو الطفوح البركانية ، وهي على نوعين مختلفين يتوقف عليهما شكل المخروط البركاني ومقدار ارتفاعه :

أ ـ اللابة الحمضية : Acid Lava

وتتكون من صخور نارية ذائبة ترتفع بها نسبة السيليكا ، ولذا فانها تتصلب بسرعة اذا ما اقتربت من سطح الارض ، كما يصاحب انبثاق هذا النوع من اللابة بعض الغازات السامة ، وقدر كبير من بخار الماء الذي يؤدي اندفاعه خارجا بقوة الى تطاير كتـل من الصخر المنصهر فيكون الجمرات ، ونظرا لسرعة تصلب هذا النوع ، فانه لا ينساب الا لمسافات قصيرة حول الفوهة ، وبالتالي يساعد على تكون مخروطات بركانية عالية شديدة انحدار الجوانب .

ب ـ اللابة القاعدية : Basic

وهي أيضا صخور نارية منصهرة ، ولكن تقل بها نسبة السيليكا كثيرا عن النوع السابق ، ولذا تبقى في حالة انصهار مدة أطول مما يساعد على جريانها فوق السطح ، وانتشارها على مساحات واسعة قبل أن تتصلب وتتجمد ، ولذا فان المخاريط المكونة من هذا النوع تكون في المعتـاد أقل ارتفاعا ، وجوانبها ألطف انحدارا بكثير من مخاريط اللابة الحمضية ، والاشكال الارضية الناجمة عنها تمثلها خير تمثيل مناطق الهضاب البازلتية التي سبق ذكرها ، ونظرا لخفة قوام هذا النوع من اللابة فان الابخرة والغازات التي تشتمل عليها تنبعث منها على شكل فقاعات دون أن تؤدي الى انفجارها بقوة كما هو الحـال في الانواع الحمضية ، ولذا تتميز براكينها بهدوء نسبي اذا ما قورنت بغيرها ، وبعد تصلب اللابة القاعدية ـ وهذا يستغرق وقتا طويلا ـ تتكون بها طبقات على هيئة صفائح سميكة في وضع أفقي تقريبا .

٣ ـ المواد الغازية :

قد يسبق التوازن البركاني في كثير من الاحيان ، انبعاث كميات هائلة من الغازات والأبخرة ، كذلك يعقب التوازن خروج غازات تظل تنبعث من بعض البراكين لفترات طويلة أثناء سكونها ، أشيع هذه الغازات بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وغاز النوشادر وغازات كبريتية متنوعة ، فضلا عن مركبات الهيدروجين ، وبالاضافة الى أن الكثير من هذه الغازات من أنواع سامة ، فان درجة حرارتها في المعتاد أعلى بكثير من درجة غليان الماء ، وقد تصل أكثر من ٥٠٠ مئوية ، ولذا فانها تتسبب في هلاك الانسان والحيوان في مساحات واسعة من الاراضي المجاورة للبراكين .

أنواع البراكين :

١ ـ نوع هوائي : Hawaiian Type :

ويمثله خير تمثيل بركان مونالوا بالجزيرة الرئيسية من مجموعة جزر هواي ، ويتميز بثوران هادىء ، ولذا فهو ينتشر على مساحة واسعة كما أن المخروط قليل وعورة الجوانب ، ويتألف من لابة قاعدية تخرج من عدد كبير من الفوهات ، التي توصلها قصبات بغرفة المهل ، وفي جزر ساندوتيسن فان اللابة المنبعثة من هذا النوع من البراكين نظرا لشدة ميوعتها ، تسيل أثناء الثوران كالماء الدافق ، مؤلفة شلالات حقيقية حينما تنسكب من مكان مرتفع .

٢ ـ نوع سترومبولي Strompolian :

نسبة الى بركان استربولي في جزر ليباري بشمال شرق جزيرة صقلية، وتتصف اللابة المنبعثة من هذا النوع بقلة ميوعتها عن النوع السابق ، ولذا فان ثوراناتها تتألف من عدد من الانفجارات المتقطعة ، التي تصاحب انطلاق الغازات فتؤدي لانبعاث كميات طائلة من الرماد والمقذوفات ، ولكن نظرا لغلظ قوام اللابة فانها لا تنتشر فوق مساحات

واسعة ، ولكن من ناحية أخرى تكون مخاريطها عظيمة انحدار الجوانب تغشي أسطحها كتل بارزة متجعدة ، تعلوها عند القمة مخاريط مؤلفة من الحصى والجمرات تحيط بفوهات واسعة ، تفضي الى قصبات واسعة أيضا .

٣ ـ نوع فولكانو :

نسبة الى بركان Vulcano من مجموعة جزر ليباري ، وينشأ هذا النوع من البراكين حينما تكون اللابة شديدة اللزوجة ، غليظة القوام ، وهي من الانواع الحمضية القليلة التدفق والانسياب فوق السطح ، لدرجة أنها كثيرا ما تؤدي الى انسداد القصبات وسنع الأبخرة والغازات من الانبعاث ، فتحتبس لفترة من الزمن ، ويزداد ضغطها ، ثم تخرج منطلقة اثر انفجارات عنيفة ، تحدث فجأة ، فتسبب تناثر الطفوح في الجو ، تصاحبها سحب كثيفة من الرماد ، يسقط حول الفوهة وأحيانا داخلها فيتكدس ، وينشأ عن ذلك مخروط من الرماد ينحدر في اتجاهين ، الى الداخل أي نحو الفوهة والى الخارج ، ويلاحظ أن المخروط في هذه الحالة يكون شديد انحدار الجوانب .

٤ ـ نوع الكالديرا : Caldera

ويمثل هذا النوع مرحلة تطورية تمر بها الانواع الثلاثة السابقة ، اذا ما تعرضت لثورانات أخرى غير التي كونتها ، وفي هذه الحالة تنهار جوانب عنق البركان ، ويدمر جزء كبير من المخروط ذاته ، وبذا تتسع مساحة الفوهة ، ويستوي سطحها ، وتعرف هذه الفتحة حينئذ باسم الكالديرا Caldera .

٥ ـ براكين التكدس .Cumulo V :

وهي براكين بلا قصبات أو مداخن ، وتتألف من أكوام هائلة من الطفوح المتصلبة التي تكدست بعضها فوق بعض على شكل قبة ضخمة ،

كما هو الحـــال في براكين جبل الدروز بسوريـــة وبركان Devel's Tower في ولاية كولورادو الامريكية .

أثر البراكين في تشكيل سطح الارض :

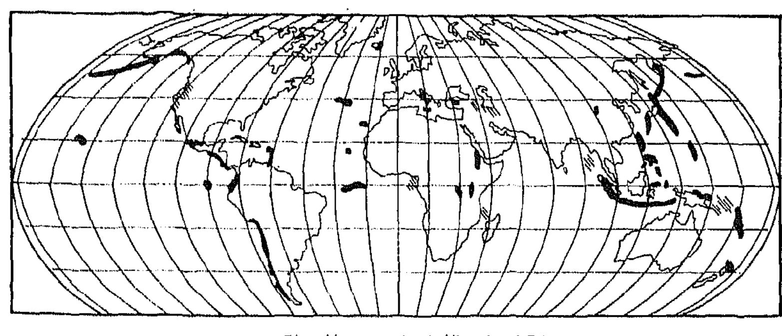
نتيجة لتكدس طفوح اللابةوالمقذوفات المختلفة ، تنمو أحجام المخاريط البركانية بسرعة ، مكونة جبالا تراكمية منفردة ، أو سلاسل متصلة منها، كما ألمحنا سابقا ، وقد يتضخم حجم البركان فيصل الى ارتفاعات شاهقة ، كالحال في بركان فوجي ياما الياباني الذي يزيد ارتفاعه على ٣٧٠٠ م ، وقد يزيد الارتفاع عن ذلك بكثير اذا وجدت المخروطات البركانية فوق هضاب قائمة من قبل ، فبعض قمم سلسلة سيرا فولكانيكا ترانسفرسال تزيد على خمسة أو حتى ستة آلاف متر ، ولكن ارتفاع الهضبة تحتها يزيد على ٢٥٠٠ متر .

كذلك تساعد الطفوح البركانية على تكون هضاب كالحال في هضبة فرنسا الوسطى وهضبة الحبشة وكولمبيا وجنوب البرازيل والدكن ، وقد تشغل البحيرات المستديرة فوهات البراكين الخامدة، كالحال في بحيرة كريتر Crater Lake في ولاية أوريجون الامريكية . أما اذا كان مبعث النشاط البركاني هو قاع المحيط ، فان المخروطات الناجمة عن ذلك قد ترتفع حتى تبدو قممها فوق سطح الماء على شكل جزر ، كالحال في مجموعات الآزور والرأس الاخضر بالمحيط الاطلنطي الشرقي .

التوزيع الجغرافي للبراكين :

لا شك أن البراكين توجد بكثرة بمناطق الضعف في قشرة الارض ، حتى ليكاد يتفق توزيعها بوجه عام مع مناطق تصدعات القشرة ، أي مناطق الجبال الالتوائية الحديثة ، وهي في نفس الوقت مناطق المراكز الزلزالية التي سبقت الاشارة اليها ، والحلقة النارية التي تطوق المحيط الهادي ، تشتمل على العدد الاكبر من براكين العالم، فهناك نطاق يمتد على الجانب الشرقي من هذا المحيط ابتداء من آلاسكا حتى هضبة بتاجونيا بأمريكا

الجنوبية ، حيث تتجاوز سلاسل جبلية ضخمة مع خنادق محيطية سحيقة ، ويوجد مثل هذا النطاق على الجانب الغربي من نفس المحيط ، ممتدا من شبه جزيرة كامتشتكا الى نيوزيلند ، مارا باليابان والفلبين و بورنيو (شكل ٣٠) .



شكل (٣٠) توزيع البراكين

أما المحيط الاطلنطي فليست له مثل هذه الدائرة ، وكل ما هنالك تلك الجزر البركانية التي أشرنا اليهـا سابقا ، بالاضافة الى ما يوجد بمجموعات جزر الأنتيـل ، ومن المناطق التي شاهدت نشاطا بركانيا ملحوظا منطقة الأخدود الافريقي الآسيوي العظيم ، ومناطق النطـاق الجبلي في قارتي أوروبا وآسيا ، وهي ترجع الى حركات هبوط للقشرة في عصر جيولوجي حديث ، وفي أوروبا تتضح آثار النشاط البركاني بكل من ايسلند ، وهضبة فرنسا الوسطى ، وهضبة Effel ايفل في غرب المانيا .

من هذا نلاحظ خلو الكتل الارضية القديمة الصلبة من هذا النوع من النشاط كشمالي أوراسيا، والرصيف الكندي وكتلتي البرازيل وأفريقيا، ولكن هناك استثناءات معينة لذلك ، ففي بعض الحالات نلاحظ وجود آثار نشاطات بركانية عنيفة بهذه القواعد القارية البللورية القديمة ، وذلك في مواضع التصدع والانكسار منها ، وهذا ما يظهر بجلاء بأخدود شرق أفريقيا وفي الصحراء الكبرى بجبال تيبستي والاحجار .

ثانيا ــ العوامل الظاهرية

لئن كانت قوى الباطن هي المسؤولة عن الخطوط العريضة لتضاريس سطح اليابس بما تحدثه من تفاوت المناسيب بين البقاع المختلفة ، فان مجموعة العوامل الخارجية ، تنشط على الظاهر ، وتعطي وجه اليابس قسماته التفصيلية ، ومعالمه الدقيقة ، وتستمد قوى الظاهر جميعا طاقتها من الشمس وقوة جاذبية الارض ، فالشمس هي مصدر الحرارة المحركة لتيـارات الهواء ، والباعث على تبخر المـاء من المحيطات وسقوطـه بعد ذلك مطرا أو ثلجا على اليابس ، والهواء هو المحرك للامواج ، هذه العوامل في حركتها الدائبة تتولى تشكيل وجه اليابس وتعطيه معالمـه وقسماته .

فالمياه الجارية بالانهار ، وكذلك ألسنة الجليد المتحركة بالاودية ، تقوم بحفر أخاديد عميقة على منحدرات الجبال ، وتؤدي الى تمزقهـا وتضرسها ، وتنقـل فتات الصخر المتجمع لديهـا لتحطه في المنخفضات الارضية ، أو ترسله الى البحار والمحيطات ، حيث تنشأ ظاهرات أرضية جديدة . أما الرياح فتذرو حبيبات الغبار والرمال ، وتنقلها من مواضع معينة ، لترسبها في أماكن أخرى قد تبعد مئات الكيلومترات عن مصادرها الاصلية ، فتكون الكثبان الرملية بأشكالها المختلفة . وكذلك الامواج تضرب السواحل فتنال من صخورها في موضع ما ، وتلقي بحمولتهـا من الحصى والرمال في موضع آخر .

كل هذه العوامل الخارجية وان اختلفت صورها ووسائلها ، هي من قبيل عوامل التسوية ، التي تهدف في النهاية الى تمليس وجه الارض ، والاطاحة بمعالمه البارزة ، وملء فجواته الغائرة ، فكأنها تعمل في اتجاه مضاد لعمل مجموعة القوى الباطنية ، التي من طبيعتها البناء ، وتخليق الاشكال البارزة والغائرة بالسطح الخارجي من القشرة الارضية وما تباين مناسيب سطح الارض في الوقت الحالي الا دليل على تفوق العوامل الباطنية على عمليات التسوية الخارجية ، أو على الاقل بلوغ المجموعتين

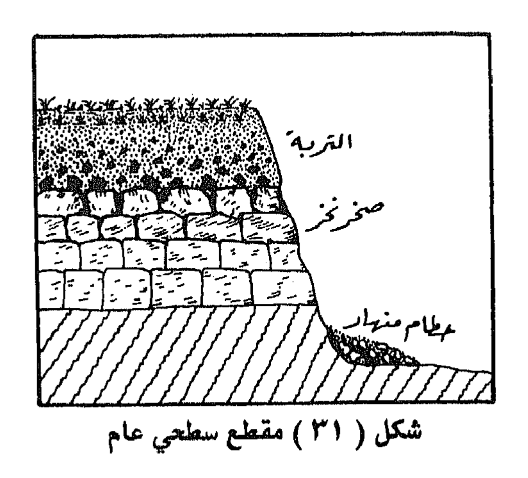
من العوامل درجة من التعادل والتلاحق ، يبقي على ما لليابس من ملامح تختلف بين سهول وجبال وتلال وأحواض وأودية وهضاب .

هكذا نرى أن سطح اليابس في تغير مستمر ، وما الصورة الراهنة سوى لقطة واحدة في شريط متتابع الصور ، فكثير من الجبال الشم التي نشأت في مراحل مبكرة من تاريخ كوكبنا الارضي تآكلت وأصابها الهرم ، فلم يبق منها سوى جذور متداعية ، وكثير من الاحواض الغائرة امتلأت بالرواسب فأفعمت ، في حين طمت بعض البحيرات القديمة ، وظهرت الى الوجود أخرى حديثة ، كل هذا يتم بفعـل مجموعة العوامل الخارجية لتشكيل سطح الارض ، وهي التي نجملها في الصفحات التالية .

التجوية

يندر أن تؤثر عوامل التعرية الخارجية في الصخر الصلد السليم ، فما لم تتعرض أسطح الصخر للوهن والضعف بفعل عناصر الطبيعة من ماء وهواء وكائنات عضوية ، فانه يقاوم النحت والازالة تحت تأثير الميـاه الجارية أو الجليد أو الرياح أو الامواج ، ولعلنا جميعا قد شاهدنا تأثير عوامل الضعف هذه بادية على الصخور الكلسية حولنا ، حيث يتحول لونها من خلال مقاطع الطرق والمقاطع من أبيض ناصع الى أحمر صدىء ، تتخلله الشقوق الكبيرة والصغيرة بأعداد لا تحصى قرب السطح ، كما تغطيه غلالات من التربة البنية يختلف سمكها من مكان الى آخر ، توجد تحتها مجالات من الصخور المحطمة والاحجار مختلطة بالطين والحصى ، قبل أن نصل الى الصخر السليم أسفل هذا كله ، فيبدو المقطع الجيولوجي للارض في كثير من بلادنا على النحو الموضح (شكل ٣١) ، حيث تشغل التربة بضعة سنتمترات قرب السطح ، وعلى عمق قليل يظهر حطام الصخر الأصلي الذي تكونت منه هذه التربة ، ثم الصخر المشقق فالصخر السليم على أعماق بعيدة .

العمليات التي تسبب وهن الصخر وضعفه وتشققه وتحلله على هذا



شكل (٣١) مقطع سطحي عام

النحو تعرف باسم التجوية Weathring ، وهي تشبه دائما بأضراس الطبيعة التي تسحق الصخر وتفتته فتشكل بذلك الخطوة الاولى في عمليات تعريته ونحته وازالته بواسطة العوامل الخارجية الاخرى التي ألمحنا لها . غير أن ميدان نشاط عمليات التجوية بالنسبة للارض ككل ميدان محدود للغاية ، وذلك لكون التجوية عمليات خارجية بحتة ، يقف أثرها عند حد الأسطح المكشوفة من الصخر ، وقلما تتجاوزها لأبعد من بضعة سنتمترات تحته ، الا اذا تسللت خلال فجوات الصخر وفوالقه الكبيرة لبضع عشرات من السنتيمترات أو الامتار .

وتصنف عمليات التجوية عادة الى نوعين رئيسيين : تجوية ميكانيكية أو طبيعية وتجوية كيميائية .

التجوية الميكانيكية :

وتشتمل على مجموعة كبيرة من العمليات الهامة نذكر منها :

١ - الانفراط ، أي انفراط حبيبات الاسطح الخارجية من الكتل الصخرية بانفصال جزيئات من هذا السطح على شكل بللورات منفردة أو مجموعات منها ، كالحال بالنسبة للصخور الجرانيتية

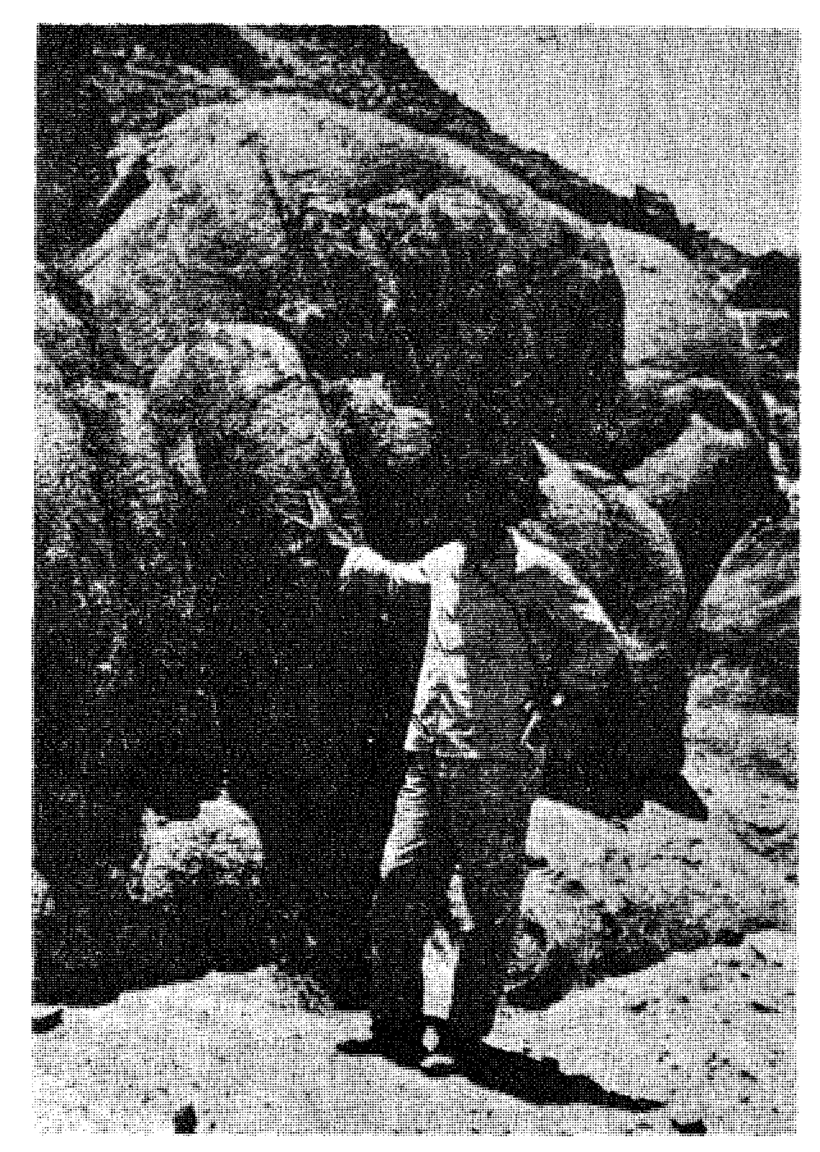
عندما تنفرط جزيئاتها مكونة رمالا خشنة، تشيع بمناطق توافر هذه الصخور بالصحارى .

٢ - التفلق ويعني تكسر جسم الصخر وانقسامه الى كتل على طول خطوط المفاصل وسطوح الانفصال التي تمزق أجزاءه ، والتي توجد عادة في مجموعات مختلفة الاتجاهات ، تتقاطع مع بعضها بزوايا شتى ، وحين تعمل ظروف التجوية على توسيع هـذه المفاصل ، فان كتلة الصخر الأصلية تتفكك وتتحول الى حطام من جلاميد وكتل أصغر تحدها المفاصل والشروخ (شكل ٣٢ ، ٣٣) .

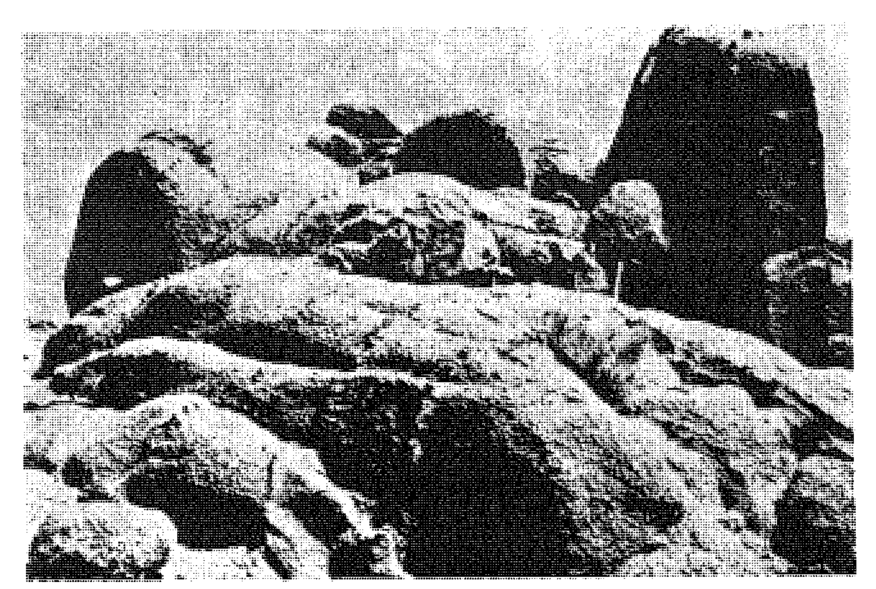


شكل (٣٢) التفلــق

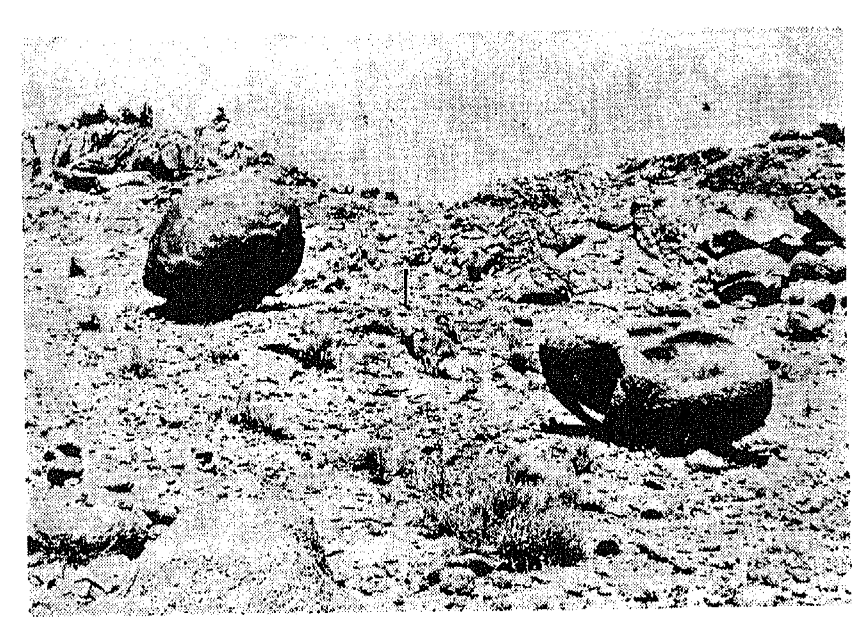
٣ - التقشر ، وهو عبارة عن انفصال قشور أو صفائح رقيفة أو سميكة من أسطح الصخر ، كالحال فيما ينتاب الجرانيت وحجر الصوان تحت تأثير ظروف معينة ، وينتج عن ذلك جلاميد كروية أو بيضاوية (شكل ٣٤ ، ٣٥) .



شكل (٣٣) التفلـق

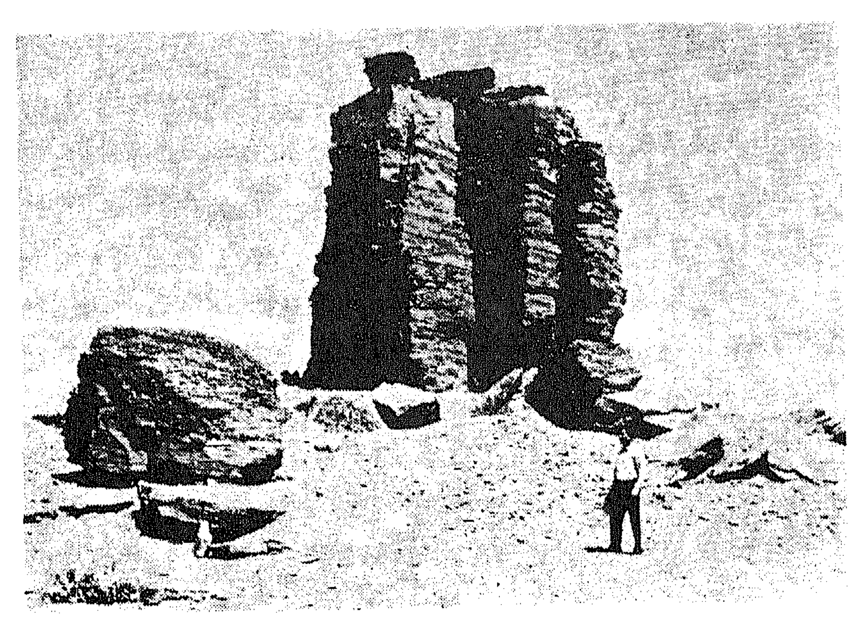


شكل (٣٤) التقشر



شكل (٣٥) التقشر

٤ - التشظي ، وينتج عن تعرض الصخر للتكسر والانشطار الى الى شرائح وشظايا على طول تشققات صغيرة في كتلته (شكل ٣٦) .



شكل (٣٦) التشظي

وسائل التجوية الميكانيكية :

أشيع وسائل التجوية الميكانيكية ما اصطلح على تعريفه باسم التفاوت الحراري ، ذلك أن درجة الحرارة تعلو كثيرا أثناء النهار بالجهات المدارية خاصة بمناطق الصحارى ، ويحدث العكس أثناء الليل ، حين تنخفض الحرارة بشكل ملحوظ ، ولعلنا في بلادنا نلمس هذا التفاوت الهائل بين الحرارة العظمى أثناء النهار ، والحرارة الدنيا أثناء الليل أو قبل بزوغ الشمس ، ويعرف هذا باسم المدى الحراري اليومي ، هذا المدى قد يصل الى ٢٠° مئوية أو أكثر بالجهات الصحراوية المدارية ، بل وأعلى من ذلك بكثير في أعماق الصحارى القارية ، ويتبع هذا التناوب اليومي في التسخين والتبريد ، تمدد ملحوظ في المعادن المكونة للأسطح الصخرية أثناء النهار ،

وانكماش واضح لهذه المعادن أثناء الليل ، توالي التمدد والانكماش يصيب جسم الصخر بضغوط وقوى شد متتابعة ، تعمل في النهاية على تفسخه ، وانشطاره الى أجزاء وكتل مختلفة .

بخصوص التفاوت الحراري بالاقاليم الباردة من العالم ، فان هذا العامل يؤدي دوره في وجود الماء ، ويعرف باسم فعل الصقيع ، ويرى البعض أن هذا العامل أشد بأسا ، أو على الاقل أوضح تأثيرا من عامل التمدد والانكماش الذاتي بالصحارى الجافة . وينشأ فعل الصقيع نتيجة تتابع تجمد المياه وذوبانها بين الليل والنهار في مفاصل الصخر وشقوقه بعد تسربها اليه ، فمن المعروف أن المياه التي تدخل مسام التربة وشقوق الصخر وفوالقه أثناء النهار ، أو خلال الفصل الدافىء بالجهات الباردة ، فانها تتجمد أثناء الليل أو أثناء الفصل البارد ، عندئذ يزداد حجم بلورات الثلج المتكون في الفجوات عن حجم الماء الداخل في تكوينه ، بمعدل يتراوح بين ٩٪ و ١١٪ ، فتتولد لذلك ضغوط شديدة من داخل الصخر نحو الخارج ، تكون من العنف بدرجة تفوق طاقة الصخر على التماسك فيتهشم ويسحق .

في بعض الاحيان ، تنشأ التجوية الميكانيكية بسبب الحرائق التي تشب في أقاليم الحشائش والغابات ، هذه الحرائق قد تندلع لأسباب طبيعية كالصواعق ، أو قد يشعلها الانسان عن عمد رغبة في اخلاء الارض من النبات الطبيعي لاستغلالها في أغراض الزراعة أو اقامة مراكز العمران ، وكثيرا ما تشب النيران أيضا بسبب غفلة الانسان واهماله ، فتلتهم آلاف الأفدنة من الاشجار والحشائش قبل أن تخمد ، على أية حال فان ارتفاع حرارة أسطح الصخر تحت النيران في مناطق الحرائق بشكل مفاجىء ، يسبب حدوث تشققات ، ويمهد السبيل أمام عناصر الوهن التي تدب فيها من نقاط الضعف هذه .

تلعب الكائنات الحية أيضا دورا لا يستهان به في التجوية بنوعيها ، فالاشجار اذ تضرب بجذورها في شقوق الصخر سعيا وراء ما هنالك من

تربة هزيلة ورطوبة ، فانها باستمرار نموها وتضخم جذورها ، تؤدي الى توسيع الشقوق وتعميقها واتصالها ، حتى تنفصل في النهاية كتل من الصخر ، وتقتلع من مواضعها ، ولدينا أمثلة كثيرة على هذه الظاهرة حيث تتشقق الأسوار والجدران التي تحفها صفوف من الاشجار ، تتلف جذورها المباني ، وتتسبب في تداعيها .

كذلك الديدان الارضية التي توجد بمئات الملايين في الفدان الواحد من الارض ، هذه الديدان تنحت طريقها في جوف التربة ، مخلفة وراءها متاهات من الثقوب والمسارب ، فتزيد من مساميتها ، وبالتالي من قابليتها على التهوية وسريان الماء ، كما أن هـذه الكائنات حين تموت وتتعفن بقاياها ، تدخل مع المـاء في تركيب أحماض عضوية تنشط العمليات الكيماوية ، وأخيرا فان بعض الحيوانات الارضية كالجرذان والارانب ، والحشرات كأنواع النمل المختلفة ، حين تحفر مآويها في باطن الارض ، تساعد على تفتيت الصخر ، وادخال الوهن الى جوفه .

والانسان حين حفر الانفاق في جوف الصخر ، ومن خـلال عمليات التعدين والتحجير الكثيفة ، فانه بهذا يعد عامل تجوية هام ، حتى ليقال بأن الآثار التي تركها على وجه الارض من هـذه الناحية ، تعادل عمل الطبيعة وحدها في عشرات الملايين من السنين ، كما يشاهد أثر الانسان فيما يحفر لارساء قواعد أبنيته وشق الطرق والقنوات ، وغير ذلك من الأنشطة التي تغير جذريا من معالم وجه الارض .

التجوية الكيميائية :

يطلق على هذا النوع من العمليات الطبيعية أحيانـا اسم التحلل ، تمييزا له عن التجوية الميكانيكية التي تنتهي دائما بتفتيت الصخر أو تفككه ، وتحويله الى جزيئات أصغر فأصغر مع مرور الزمن ، دون أن تلحق بمكوناته تغييرا يذكر ، فالتجوية الميكانيكية هي مجرد عملية انتزاع قطع من الصخر واقتلاعها وجرشها أو سحقها وهي في مواضعها أو قريبا

منها . أما التجوية الكيميائية فتختلف عن ذلك تماما ، من حيث أنها أساسا تلحق تغيرات جذرية بالمواد الصخرية التي تصيبها ، فتحولها الى أشياء أخرى مختلفة عن المواد الأصلية ، مثال ذلك معدن الفلسبار في الصخور التي تشتمل عليه حين يتعرض لتغيرات كيميائية فانه يتحول الى مادة الطين ، التي تختلف في تركيبها وفي خصائصها الطبيعية وأهمها خاصية الحجم عن المعدن الاصلي . نفس الشيء يقال عن الصخور المشتملة على معدن الحديد ، حين يتحول هذا المعدن الى أكسيد الحديد .

وهناك اعتقاد شائع مفاده أن التجوية الكيميائية تسود عادة بالمناطق الرطبة من سطح الارض ، لان الماء عنصر هام كوسط تتم فيه التفاعلات الكيميائية ، بيد أن البعض يعتقد بأهمية العمليات الكيميائية حتى في البيئات الجافة وشبه الجافة ، وأنها بتلك البيئات رغم ندرة الماء ، لا تقل شأنا عن العمليات الميكانيكية ، فالهواء في الظروف الطبيعية مهما جف ، فانه حتما يشتمل على نسب من الرطوبة التي يمكن أن تتكاثف على الأسطح الصخرية كندى خلال أوقات النهايات الدنيا للحرارة .

وينبغي أن نشير هنا الى تكافل النوعين من العمليات الميكانيكية والكيميائية ، فهما يعملان في تكاثف بحيث لا يمكن وضع حد فاصل بين أثر الواحد والآخر ، فاستشراء التجوية الميكانيكية ببقعة ما ، يساعد بصفة مباشرة على انتشار العمليات الكيميائية بهذه البقعة ، وتلك أبرز عمليات التجوية الكيميائية :

١ ـ التميؤ :

عبارة عن اتحاد الماء بأحد العناصر التي يتألف منها الصخر ، ومن هذا الاتحاد ينشأ عنصر أضعف تماسكا من العنصر الاصلي ، مما يؤدي الى النيل من صلابة الصخر ، من ذلك تحول الفلسبار في صخر الجرانيت الى طين الكاولين . وفي بعض الاحيان تؤدي عمليات التميؤ الى زيادة حجم المادة الاصلية بما يتحد معها من ماء ، فيترتب على زيادة الحجم تمدد

القشور الخارجية من الأسطح الصخرية ، في حين يظل حجم الكتلة الداخلية ثابتا ، وبالتالي يكـون مصير الأغشية الخارجية الانفصال على شكل قشور .

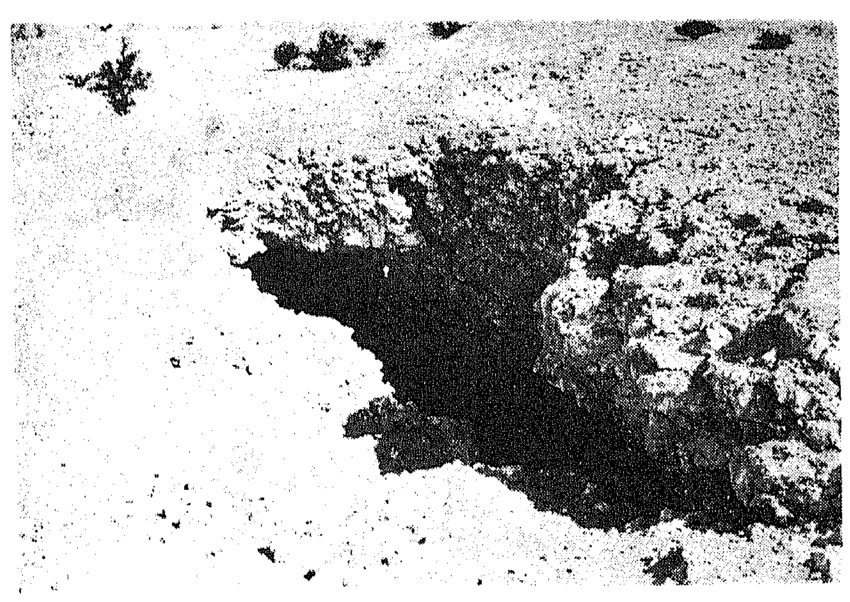
٢ ـ الأكسدة :

وهي تحول المعدن الى أكسيده ، باضافة الماء والاكسجين الى الفلز ، وهذه العملية شائعة في صخور البازلت التي تشتمل على معدن الحديد بوفرة نسبية (حديد + أكسجين + رطوبة = أكسيد الحديد) . وأكسيد الحديد بطبيعة الحال أضعف من الفلز نفسه ، ولذا فان معنى الأكسدة بالنسبة للصخور اضعاف ليونتها .

٣ ـ الكربنة :

وتتلخص في أن ماء الامطار أثناء سقوطه خلال طبقات الهواء ، فانه يحمل معه جزءا من ثاني أكسيد الكربون الموجود به ، فتكون النتيجة نوعا من حامض الكربونيك المخفف ، وعلى الرغم من كونه مخففا ، الا أنه محلول عظيم الفعالية في اذابة المواد الكلسية ، فالماء النقي تماما قليل التأثير على مادة الكالسيوم ، بعكس الحامض (حامض الكربونيـك + كالسيوم = بيكربونات الكالسيوم + ماء) .

والبيكربونات مادة قابلة للذوبان في الماء ، ولهذا فان عملية الكربنة تبدو أوضح ما تكون في مناطق الحجر الجيري تحت ظروف المناخ الرطب ، وتعرف هذه العملية ببساطة باسم الاذابة ، ويتخلف عنها شوائب الصوان والطين الذي يكون نوعـا من التربة المحلية الحمراء اللـون الصالحة للزراعة ، وعندنا منها نماذج كثيرة بالاردن وكافة الاقطار العربية المطلة على الساحل الشرقي للبحر المتوسط ، وتبدأ الاذابة على امتداد مفاصل الصخور الكلسية ، التي تظل تتسع على حساب الكتل الصخرية المتلاشية ، مشكلة فجوات وكهوف تعرف في بعض جهات شبه الجزيرة العربية باسم الدحول (شكل ٣٧) .



شكل (٣٧) دحل المسفر

التجوية كعامل تشكيل :

على الرغم من أن عمليات التجوية في حد ذاتها لا تقوم بخلق ملامح تضريسية كبرى ، فانها في الواقع تدخل كعنصر هام في الغالبية العظمى من عمليات تشكيل مظاهر سطح الارض كبيرها وصغيرها ، فهي اذ تؤدي الى اضعاف مقاومة الصخور ، فانها تهيء السبيل لنشاط عوامل النحت والتعرية ، فتيسر عملها في اقتلاع الصخور من مواضعها ، ونقلها مسافات متفاوتة قبل أن ترسبها . كذلك فان تعرض جميع جهات سطح اليابس للتجوية ، يجعل عملياتها بحق أوسع انتشارا من غيرها من عوامل تشكيل وجه الارض الاخرى كالثلاجات مثلا التي يقتصر نشاطها على العروض العليا وأعالي الجبال ، أو فعل الامواج والتعرية الساحلية التي لا تتجاوز الهوامش القارية المشرفة على مياه البحار والمحيطات .

أهم من هذا كله أن عمليات التجوية التي شبهناها بأضراس الطبيعة حين تسحق الصخور وتحللها ، فانهـا بذلك تمهد الخطوة الاولى لجميع

العوامل الاخرى من مياه جارية ورياح وجليد ، لكي تتولى نقل الحطام فتجره أو تسحبه على الارض ، متخذة منه معاول حادة فعالة في نحت مابرز من القشرة ، وأحيانا يقع الحطام الصخري تحت طائلة الجاذبية الارضية على المنحدرات ، فيتحرك تلقائيا ببطء في زحف دائب ، أو يهوي بسرعة من حالق الى قواعد المرتفعات ، وجوانب الأودية ، وجروف الهضاب .

ولعل أبرز ظاهرات السطح التي تساهم بها عمليات التجوية ما يأتي :

١ ـ أغطية الحطام :

يتألف الحيز الخارجي للغلاف الصخري من مواد سائبة هي نتاج تجوية أنواع شتى من الصخور المكشوفة ، ويتراوح سمك غطاء الحطام بين بضعة سنتمترات ومئات الامتار ، وفقا للظروف الموضعية ، بالاضافة الى مدى نشاط عمليات الازالة ، وترجع أهمية هذه الأغطية المنتشرة على نطاق كوكبي حول الارض ، الى أن منها تشقق التربة ، وفي تضاعيفها تتراكم المياه الباطنية ، والرواسب المعدنية كالحديد والألومنيوم والذهب وغيرها ، وتعني سرعة تآكل هذا الحطام تدني مستويات السطح بالبقاع المعرضة للازالة .

٢ ـ التربـة :

الحطام الصخري المتآكل المتحلل بفعـل التجوية هو مصدر التربة ، فمنه تنشأ وبفضل توافره تنمو وتزداد سمكا ، وبالاضافة الى فتـات الصخور الاصلية التي تتجمع على أسطح الصخور الصلدة التي انفصلت عنها ، فان رواسب البحيرات والمواد الفيضية والركامات الجليدية ورمال الصحراء وحصباءها تمثل مصادر أخرى للتربة . ولما كان لكل نوع من هذه المواد مكونات معدنية خضعت بدرجات متفاوتة لعمليات التجوية ، فانه من المتوقع أن تتباين خصائص التربة بتنوع الصخور التي اشتقت منها ، ومدى ما أصابها من تفكك وتحلل .

الميــاه الجارية

تعتبر المياه الجارية بلا منازع أهم عوامل تشكيل بقاع واسعة مـن سطح اليابس، ليس فقط بالجهات الرطبة حيث تتوافر الأنهار المستديمة، بل أيضا بالمناطق الجافة وشبه الجافة التي تكثر بهاالاودية ذاتالفيضانات الموسمية أو المؤقتة ، وتبدأ أولى عمليات التشكيل بالتساقط مطرا وثلجا ، وهذه هي احدى مراحل الدورة الهيدرولوجية العامة التي تشمل تبادل الماء بين المحيطات والجو واليابس وذلك عندما يتصاعد بخار الماء من المحيطات ، فيحمله الهواء الى حيث تكون الظروف مناسبة ، فيتكاثف هذا البخار على شكل سحب تهطل أمطارا وثلوجا على سطح اليابس ، جزء من المياه الهاطلة يتبخر قبل أن يلمس سطح الارض ، بينما يتبخر جزء آخر بعد أن يصل التربة ، أو بواسطة عمليات النتح التي يقوم بها الغطاء النباتي ، ولكن اذا كانت كمية التساقط وفيرة ، فان شطرا من الماء يجري فوق السطح ، وهو عادة في حدود ثلث كمية التساقط الفعلي ، ويكون هذا الشطر الجداول والغدران والشعاب ، التي تتجمع في روافد ، تتشابك وتتصل متحدة في مجار رئيسية وأنهار ، وهذا ما يعرف باسم الانسياب السطحي .

أشكال الانسياب السطحي :

١ ـ التدفقات المائية العشوائية :

يختلف هذا النوع من الانسياب السطحي عن تيارات المياه الجارية بالقنوات النهرية في كونه لا يتبع مجار محددة مستديمة واضحة المعالم ، بل ينتشر في أغشية رقيقة ، وأشرطة رفيعة من الماء ، تنشأ بسرعة فوق السطح حيثما أصابت الامطار بوابلها بقاع وجه الارض المختلفة ، وتتخذ التدفقات العشوائية أشكالا متعددة منهـا ما يعرف في الجهات الرطبة بالتدفقات الغطائية ، التي تنتشر على شكل أغشية مائية رقيقة ، خاصة

بأسطح الجهات الصخرية الصماء أو المغطاة بالتربة ، والتي تتميز باستواء غير عادي للارض ، ومنها أيضا ما يجتاح الجهات المعشوبة ، فيسري بين الاعشاب كأشرطة رفيعة متعرجة تشبه الخيوط ، أو تسري تحت أوراق الاشجار المتساقطة بمناطق الغابات .

يناظر هذا النوع من التدفقات المائية بالمناطق الرطبة ، نوع آخر مشابه بالمناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ، يعرف باسم الفيضانات الغطائية ويختلف عما سبق من حيث عظم كمية المياه المنسابة أثناء حدوثه ووفرتها ، كذلك غالبا ما يحمل الفيضان الصحراوي كميات طائلة من الرواسب السطحية التي دأبت عمليات التجوية على تفتيتها آزمانا طويلة .

٢ ـ المسيلات والجداول الصغيرة :

فيما بين التدفقات المائية العشوائية السابقة الذكر ، وبين المجاري المائية المحددة كالروافد والانهار ، توجد مرحلة من الانسياب السطحي ، تتبع مجار محددة ، ولكنها صغيرة وغير ثابتة ، هي ما يعبر عنه باسم المسيلات أو الجداول ، هذه المسيلات تنشأ بالالاف أثناء كل عاصفة مطر ، وتنقص عقب ذلك بأيام قليلة ، وتتخذ هذه المسيلات مسارات شبه متوازية على جوانب التلال ، ومقاطع الطرق ، ولا يتعدى عمق الواحدة منها بضعة سنتيمترات ، وأحيانا يتبع ظهور هذه الجداول نظاما فصليا يتفق مع مواسم المطر ، ولكنها سرعان ما تختفي وتلتئم الارض في فصول الجفاف ، وأهم ما يميز هذا النوع من الانسياب السطحي عظم نشاطه في تعرية التربة بالمناطق التي يزال منها الغطاء النباتي الطبيعي ، أو بالمناطق المزروعة على جوانب المنحدرات ، ما لم تتخذ المعايير الوقائية المناسبة .

مصير المياه التي تفيض بها التدفقات العشوائية والمسيلات يتحدد تبعا لكمية الامطار ، وطول فترة سقوطها ، فاذا كان التهطال غزيرا

ومستمرا لفترة كافية، فان المياه تنصرف الى القنوات النهرية أو روافدها، واما الى البحيرات القريبة ، أما اذا كانت الامطار قليلة ضاعت المياه بالبخر والتسرب قبل بلوغها القنوات الدائمة والمسطحات المائية .

٣ ـ القنوات النهرية الثابتة :

تتبع المياه الجارية أقصر السبل في هبوطها على جوانب المنحدرات . وتنتظم في شبكات متكاملة تعرف باسم نظم التصريف المائي ، يشغل كل منها مساحة أرضية بيضاوية أو قريبة للاستدارة ، تنصرف اليها المياه التي قد تسقط على جميع بقاع هذه المساحة ، وهذا ما يعرف باسم حوض التغذية ، ويفصل كل حوض عما يجاوره بواسطة ذرى مرتفعات تؤلف ما يعرف باسم الفاصل المائي أو المقسم ، يلاحظ أن المياه الجارية في الأحباس العليا من أي حوض نهري تتبع مجار صغيرة وغدران ، لايلبث الكبير منها أن يجتذب الصغير فينمو على حسابه في عملية تعرف باسم اختزال الجداول ، ويتلاشى الصغير ويبقى الكبير الذي يكبر بفضل ما ينصب فيه من مجار أصغر ، فيتكون لذلك رافد مائي صغير ، وحين تنصرف مجموعات منه الى روافد أكبر تتكون روافد ثانوية ، تنصب بدورها في روافد رئيسية ، تنتهي الى القناة النهرية الرئيسية .

فالقنوات المائية الثابتة المحددة عبارة عن أخاديد أرضية طولية حفرتها المياه الجارية على سطح الارض ، لكي تتمكن هذه المياه بما تحمله من رواسب من سلوك أنجع السبل لنقل كل ما يصل من حوض التغذية بين المنابع والمصبات ، وتختلف سعة القنوات المائية الطبيعية للانهار فتتراوح بين قنوات ضيقة يمكن تخطيها بالقدم كنهر الاردن ، وأخرى واسعة يزيد عرض بعضها على الكيلومتر كالنيل . وتمارس الانهار نشاطها في تشكيل وجه الارض بواسطة ثلاث عمليات رئيسية هي النقل والنحت والارساب .

النقــل :

المواد التي تلتقطها مياه النهر من مجراه مباشرة ، أو تلك التي تجلبها اليه روافده من بقاع حوضه المختلفة ، بالاضافة الى المواد التي تغسلها مياه الامطار والتدفقات من جوانب المنحدرات ، تؤلف فيما بينها ما يعرف باسم حمولة النهر من المواد الصلبة ، هذه الحمولة تدفعها مياه النهر ، وتظل تنقلها معها نحو المصب الى مستقرها النهائي في البحر أو المحيط الذي ينتهي اليه النهر ، ويلاحظ أن أي مجرى نهري لا يستطيع أن ينقل حمولة تزيد عن طاقته أو تعادلها تماما ، بل الغالب أن يحمل النهر كمية من المواد دون طاقته ، وينقل النهر حمولته بالوسائل التالية :

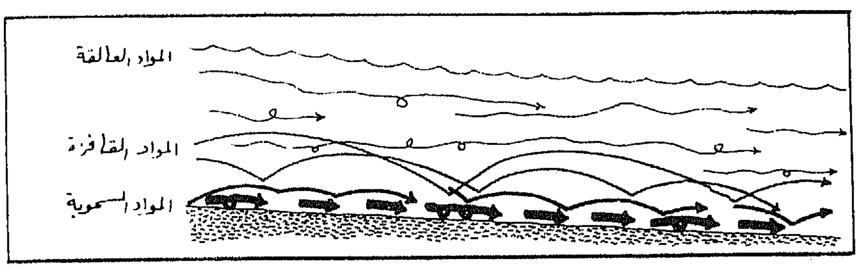
١ ـ الجر أو السحب :

وذلك بالنسبة للكتل الكبيرة من الفتات الصخري الذي لا يمكن لثقله أن يبقى عالقا بالماء ، لذلك فان قوة تدافع تيارات الماء بالقناة تعمل على سحبها معها ، بحيث تظــل معظم الوقت ملامسة لقاع المجرى ، ولبعض الانهار السريعة الجريان مثل نهر كولورادو القدرة على سحب جلاميد ضخمة ، كما أن لكثير من الأودية الصحراوية الجافة من الانحدار والعنف عند سقوط الامطار الزوبعية المفاجئة ما يكفي لسحب ودحرجة جلاميد من الصخر ، قد تزن الواحدة منها بضعة أطنان .

٢ ـ طريقة القفز :

ومؤداها أن الحبيبات الصغيرة من فتات الصخر التي ينقلها الماء في المجرى تبقى عالقة لفترات أطول من النوع السابق ، ولكنها تعود بعد مسافات قصيرة للارتطام بقاع النهر ، فتندفع الى أعلى مرة أخرى ، وتسير مع التيار مسافة تعود بعدها للارتطام بالقاع ، فاذا اصطدمت بحصاة صغيرة أزاحتها قليلا عن موضعها ، أو رفعتها الى أعلى ، فتتخذ هــذه الحصاة مسارا مشابها لتلك التي دفعتها ، وهكذا تنقل بعض الحبيبات

في قفزات متتابعة ، بينما تزحف بعض الحصوات والاحجار على القاع بدفع الحبيبات التي تصطدم بها (شكل ٣٨) .



شكل (٣٨) النقل بواسطة الانهار

٣ ـ التعلق :

تتألف المواد العالقة بمياه النهر من الجزئيات الدقيقة من الرمل الناعم والغرين والطين ، ويمكن أن تظل عالقة بالماء لمسافات طويلة حتي تصل الى المصب . جزء كبير من حمولة معظم أنهار العالم ، خاصة أوقات الفيضان من هذا النوع ، ويمكن التأكد من ذلك بأخذ كأس من ماء النهر الذي يبدو عكرا ، فاذا ما تركت الكأس المليئة فترة من الزمن استقرت معظم الأكدار من المواد العالقة في قاع الكأس ، وظهر الماء فوقها نقيا من معظم ما شابه .

٤ ـ المواد المذابة :

وهي عبارة عن أنواع مختلفة من الاملاح الذائبة التي قد لا تبدو ظاهرة للعيان في مياه النهر ، ولكنها موجودة وتشكل جزءا من حمولته ، وتستنفد قسطا من طاقته ، بمعنى أن زيادة كمية هذه المواد تقلل من قدرة النهر على التحمل بالشوائب ، وقد تكون المواد المذابة على شكل أحماض عضوية نتيجة لتحلل مخلفات الغطاء النباتي في حوض النهر ، أو قد تكون مواد كلسية اذا مر النهر بمناطق تكوينات الحجر الجيري ، بالاضافة الى كميات قليلة من الكلوريد والسلفات والسيليكات تقدر كميتها في الماء

بأجزاء في المليون جزء ، وتحمل مياه بعض الانهار كميات وفيرة منها ، قد تصل الى ألف جزء في المليون مثل نهر الاردن ، ولذلك فان مياه الانهار رغم عذوبتها الا أنها جميعا وبلا استثناء تشتمل على كميات متفاوتة من المواد المذابة ، وقد قدر أن كمية المواد المذابة التي تحملها أنهار الولايات المتحدة الامريكية الى المحيط تبلغ سنويا ٢٧٠ مليون طن ، كما تحمل أنهار العالم مجتمعة ما يقرب من ثلاثة بلايين من الاطنان من المواد المذابة الى المحيط كل عام .

النحـت :

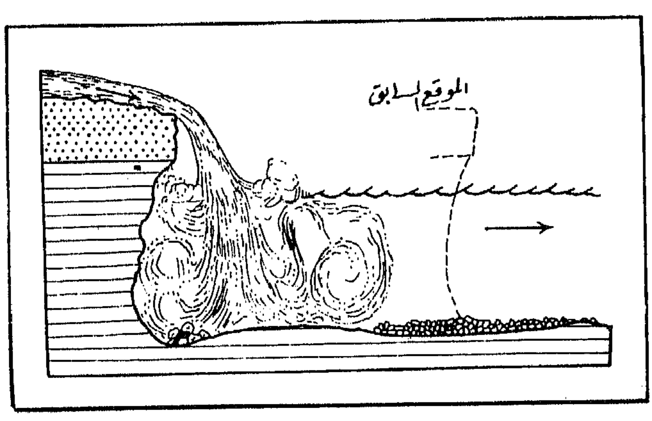
الواقع أن الكثير من عمليات النحت التي يقوم بها الماء الجاري قد لا تختلف كثيرا عما أوضحنا سابقا بخصوص النقل ، فالنحت والنقل في بعض مظاهرهما شقان لعملية واحدة هي ازالة المواد ، لأن النهر اذ يقوم بنقل المواد من موضع ما ، فانه يعمل بذلك على تخفيض مستوى سطح هذا الموضع ، أي نحته .

ويتضح هذا بصفة خاصة أينما شق النهر سبيله خلال صخور رسوبية سائبة أو صخور ضعيفة التماسك ، فانه في هذه الحالة يتمكن من رفـــع جزئيات هذه الرواسب بسهولة من مواضعها ، ومن ثم يمكن أن نعد هذا نحتا أو نقلا ، كذلك الحال بالنسبة للصخور القابلة للذوبان في ميـــاه الانهار ، فان عملية الاذابة في حد ذاتها من قبيل النحت ، لانها تقلل من حجم الصخور التي تعرضت بعض معادنها للذوبان ، بينما يعتبر تحمل مياه النهر بالمواد المذابة وحركتها مع التيار من عمليات النقل .

أما الجهات التي تتألف من صخور صلدة صلبة ، فان النحت النهري في حد ذاته لا يؤدي عملا يذكر ، ما لم تمهد له السبيل عوامل أخرى كالتشقق والتفصل وانتشار سطوح الانفصال ، ثم التجوية الكيميائية بما نحدثه من توسيع لخطوط الضعف هذه ، فتيسر على تيار الماء الجاري اقتلاع كل الصخور واكتساحها ، وغالبا ما يكون الفضل في هذا راجعا الى حمولة الماء

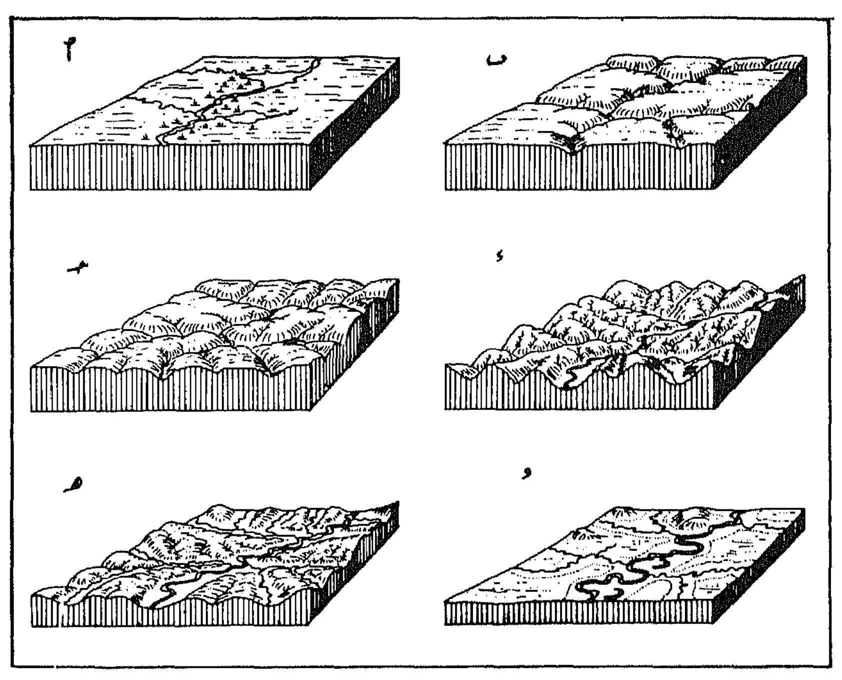
المسبقة من فتات الصخر الذي يستخدمه التيار كمطارق ينتزع بها الكتل ويقتلعها من مواضعها .

وتعرف عملية اصطدام الفتات الصخري المنقول مع التيار بجوانب المجرى وقاعه ، واحتكاك الكتل المنقولة بعضها بالبعض باسم النحر ، فهذه العملية أيضا تؤدي الى تآكل الفتات المنقول ، فتتضاءل أحجامه على طول الرحلة بين المنابع والمصبات ، فالنحر اذن هو تآكل الصخر ميكانيكيا بفعل احتكاكه بأجسام صخرية أخرى . وفي المجاري العليا للانهار بالمناطق الجبلية حيث معدلات الانحدار كبيرة ، تلعب عملية اقتلاع الصخور بواسطة الضغط الهيدروليكي دورا كبيرا في النحت ، فالتيارات المائية الجياشة بفعل اندفاع المياه بشدة تولد فيما بينها طاقة عظيمة من الضغط، كفيلة باقتلاع كل كبيرة من الصخر الذي تحده المفاصل، ومن ناحية أخرى تعمل التيارات المائية المضطرمة على تكوين حفر في قيعان القنوات ، تظل تتسع بفضل دوامات الماء والمواد المنقولة حتى تتواصل ، فيزداد عمق هذه القنوات . كذلك تنشط عمليات النحت النهري بمناطق الشلالات ، حيث تتراجع التكوينات اللينة أسفل التكوينات الصلبة ، فلا تجد هذه في النهاية ما يسندها فتنهار في المجرى وتتكسر وتحملها المياه بعيدا (شكل ٣٩) .



شكل (٣٩) الشلال

بهذه الوسائل يحفر كل نهر واديه الذي يتناسب مع كمية المياه وسرعة التيارات ودرجة صلابة الصخر ومقاومته ، فيزداد العمق والسعة مع مرور الزمن ، كما أن منابع النهر وروافده تستطيل في عملية نحت صاعد الى أن تبلغ قمم المرتفعات تجاه المقاسم المائيـــة التي تفصل الاحواض المتجاورة ، وعلى هذا تتآكل المرتفعات بمناطق المنابع ، فيتدنى مع الزمن منسوبها ، أما المواد الصخرية المزالة منها فانها ترسب في مواضع أخرى (شكل ٤٠) .



شكل (٤٠) تطور نحت كتلة أرضية بالمياه الجارية

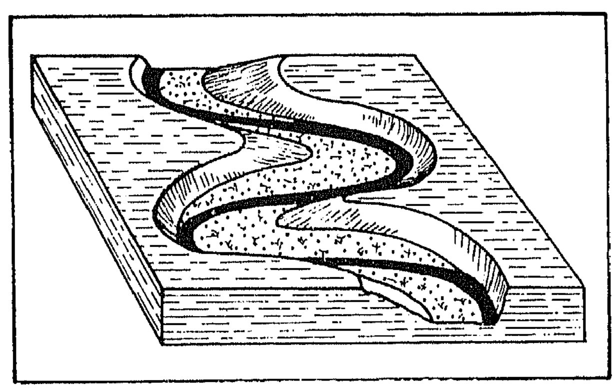
الارســاب :

عندما يفقد تيار النهر السرعة اللازمة لتحريك حمولته من الرواسب في أية بقعة من مجراه ، فانه سرعان ما يتخلص من جزء من حمولته ، فيبدأ أولا باسقاط أخشن ما بالحمولة من رواسب ، ولكن تضاؤل السرعة بعد ذلك يضطره لالقاء مواد أدق فأدق كلما تباطأ التيار أكثر فأكثر ، حتى

ترسب أخيرا المواد الناعمة العالقة بالماء عند نهاية الرحلة قرب المصبات ، بمعنى آخر تصنف الرواسب النهرية حسب الاحجام ، تبعا لتناقص سرعة التيار ، وتؤلف الرواسب عددا من الظاهرات الهامة هي :

١ ـ السهول الفيضية :

في المراحل المبكرة من نشأة الانهار ، تنحصر المجاري المائية ما بين جوائط صخرية وعرة ، بحيث يندر أن يكون هناك حيز ما بين المجرى وقواعد المنحدرات ، ولكن بدخول النهر مرحلة النضوج يتسع بطن الوادي بفضل منعطفات القناة التي تدفع بالحوائط بعيدا (شكل ٤١) ،

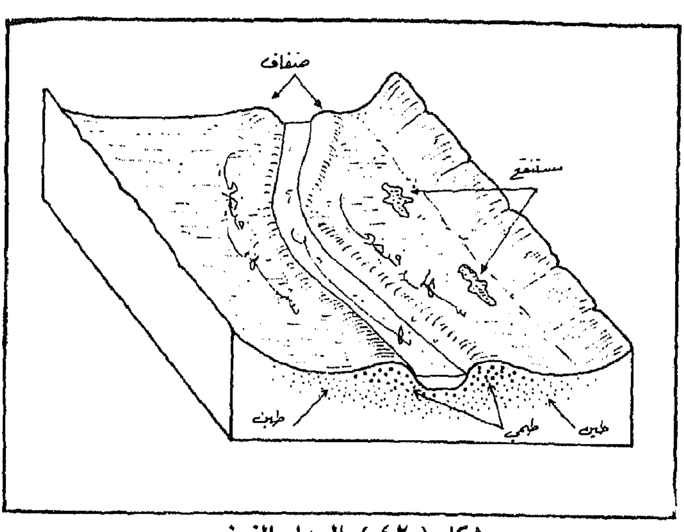


شكل (٤١) المنعطفات النهرية

فيفسح المجال لنشأة أسطح صخرية مستوية متزايدة المساحة على كلا الجانبين ، هذه الأسطح تصبح عرضة لتلقي الرواسب في أوقات الفيضان ، عندما تتخطى مياه النهر مجراه ، فتغمر جميع الاراضي المستوية على الجانبين ، وتنشر فوقها غلالات من الرواسب الفيضية ، يزداد سمكها كل عام ، حتى تبلغ في بعض الاحيان عشرات الامتار ، كالحال في النيل الادنى بمصر (شكل ٤٢) .

٢ ـ الدالات :

لقد استطاع نهر النيل على مدى عصور طويلة أن يكون لنفسه سهلا مثلث الشكل عند مصباته ، اقتطعه من مياه البحر المتوسط وفرشه بطبقات

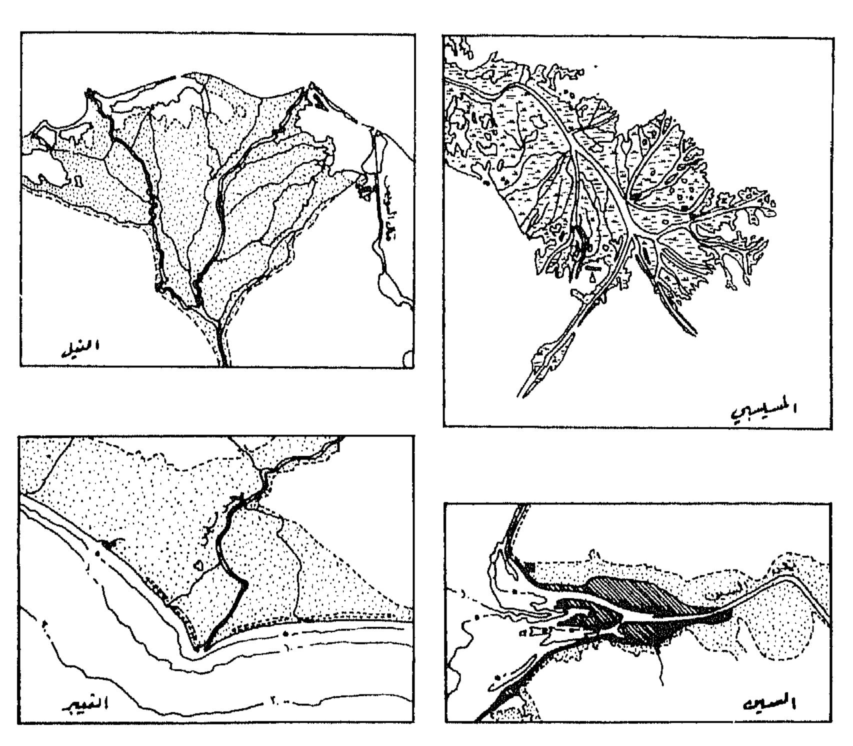


شكل (٤٢) السهل الفيضي

من طميه ، فأطلق عليه الاغريق اسم دلتا ، نظرا لتشابه الشكل العــام لهذا السهل مع الحرف الاغريقي (∆) دلتا . ومن ثم صار هذا اللفظ علما يطلق على جميع الحالات المشابهة ، فحيثما انتهت مياه النهر الى مسطح مائي ساكن ، سواء كان المسطح بحرا أو بحيرة ، فان سرعة التيار وبالتالي قدرته على الحمل تتلاشى فجأة ، فاذا كانت الظروف مواتية من حيث كمية الرواسب المجلوبة ، ومن حيث هدوء المسطح المائي وقلة عمقه، تكونت دلتا ، ونظرا لأن المياه المالحة أكثر كثافة من الماء العذب ، فان تيار الماء عند مصب النهر يصدم فيتوقف فجأة ، ومن ناحية أخرى تعمل المياه المالحة على تكتيــل حبيبات الطمي بتجميعها بعضها الى البعض ، فتثقل ويستحيل بقاؤها عالقة بالماء ، فتستقر على القاع .

أما اذا كان قاع البحر عند المصب شديد العمق ، أو كانت التيارات البحرية والامواج عظيمة النشاط ، أو لو كان القاع عرضة للهبوط التوازني بالتدريج ، فان هذا كله من دواعي تأخر ظهور الدلتا ، واعاقة نموها ، وتواضع رقعتها والدلتا المثالية سهل مثلث الشكل ، قاعدته نحو مياه البحر أو البحيرة ، ورأسه صاعد عكس تيار النهر .

والدالات على أنواع ، من أشهرها النوع المثلث المروحي الشكل ، الذي تمثله دلتا النيل الشهيرة خير تمثيل ، ومنها ما يشبه قدم الطائر مثل نهر المسسبي ، وهي دلتا مركبة من عدد من الدالات الصغرى عند كل مصب ، ومن الدالات أيضا ما ينشأ في مصبات خليجية ، ومن ثم فان أشكالها تتحدد بأشكال الخلجان التي تنشأ بها ، ومن أمثلة ذلك دلتا نهر السين الصغير بمصبه الخليجي في القنال الانجليزي . وأحيانا قد تنشأ الدالات بمناطق تتميز باستقامة السواحل المفتوحة على البحار ، ومن ثم تصبح رواسبها عرضة لهجوم شديد من قبل الامواج والتيارات التي تبعثرها على كلا جانبي المصب ، فتتخذ قاعدة الدلتا في هذه الحالة شكل قوسين يتقاطعان أمام المصب الرئيسي ، وتسمى لذلك بالدال الحدباء ، كما هو الحال في نهر التيبر (شكل ٤٣) .

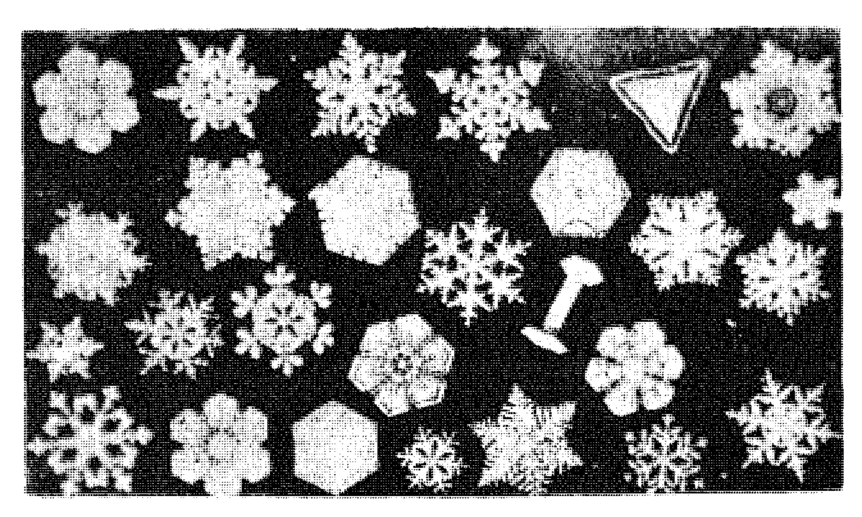


شكل (٤٣) أنواع الدالات

الجليـد

الثلـج :

عندما يتكاثف بخار المـاء في الهواء تحت درجات حرارة دون نقطة التجمد يسقط الثلج ، الذي تتخذ بلوراته أشكالا هندسية غاية في التنوع والابداع (شكل ٤٤) ، وتشاهد هذه البلورات وقد التحمت في ندف



شكل (٤٤)

رهيفة ، كأنها قصاصات ورق أو زغب متطاير ، يـذوب بعضه بمجرد بلوغه سطح الارض عند بداية التهطال ، ويبقى أكثره اذا استمر نزول الثلج بوفرة لفترة زمنية كافية ، وتتناسب نوبات التساقط الثلجي ومدد بقاء تكدساته على الارض طرديا مع ارتفـاع كل من المنسوب وخط العرض .

فعلى الصعيد العالمي ، نلاحظ أن التساقط الثلجي هو القاعدة العامة لكافة البقاع الواقعة فيما وراء الدائرتين القطبيتين ، وهناك يستقر الثلج جليدا على الارض معظم أيام السنة ، نفس الشيء ينطبق أيضا

على الاراضي الجبلية الشاهقة حتى بالعروض الدنيا قرب خط الاستواء، وفي بعض الحالات ربما فاق تساقط الثلوج على الجبال العالية صيفا حصيلة فصل الشتاء منها تبعا لغزارة التهطال .

أهم ما يلاحظ هنا هو أن الثلوج المستقرة على السطح دون حراك ليست في حد ذاتها عامل نحت أو تعرية ، بل على العكس قد تقي أغطية الثلوج المستقرة المواد السطحية الناعمة تحتها من عصف الريح ، كما تسبب حالة التجمد المقيم وقف كل أثر للمياه الجارية في اقتلاع فتات الصخور واكتساحها من مواضعها ، وما لم تكن الاراضي التي تغطيها الثلوج عرضة لتناوب الذوبان والتجمد بين النهار والليل ، فان نشاط التجوية الميكانيكية فيما يعرف بفعل الصقيع يبطل تماما .

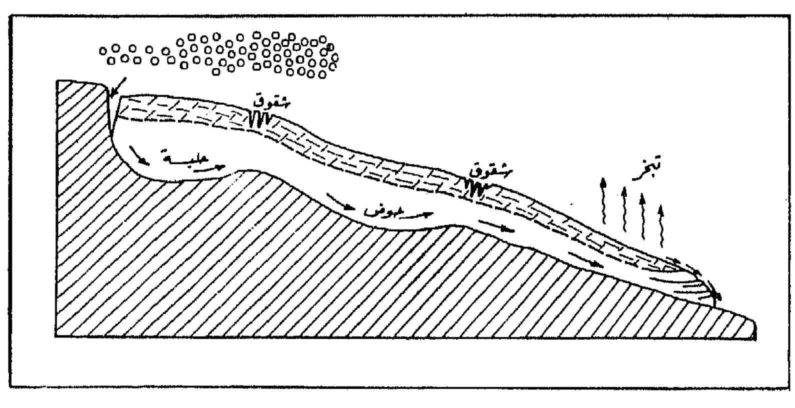
حقول الثلج :

أينما استمرت تكدسات الثلوج فلم تذب من عام لعـام فوق رقاع مترامية من الارض ، نشأت عنها حقول الثلج ، وتلك ظاهرة مألوفة في جميع العروض وان اختلف المنسوب ، ففي المناطق المداريـة تقتصر حقول الثلج على تضاعيف أعلى القمم الجبلية ، خاصة ما اعتصم منها بفجوات ظليلة . وفي العروض المعتدلة والباردة تشيع حقول الثلج على مناسيب أدنى بكثير حتى اذا ما بلغنا العروض القطبية ، كست الثلوج الدائمة السهول الخفيضة على مناسيب تقترب من مستوى سطح البحر . ويلاحظ أن كافة المجموعات الجبلية الكبرى على سطح الارض تتمتع بحقول ثلجية ، تستوي في ذلك جبال آلاسكا وروكي وسيرانفاذا والمكسيك بأمريكا الشمالية ، وسلاسل الأنديز على طول امتدادها بغرب أمريكا الجنوبية، والالب والبيرانس والقوقاز ومرتفعات اسكنديناوة في أوروبا ، والهيمالايا وما وراءها من سلاسل في النصف الشمالي من آسيا ، وحتى الأعلام الجبلية الشاهقة بوسط أفريقيا الشرقي لا تخلو ذراها من حقول ثلج محدودة ، ضمن عروض استوائية حقيقية .

حقول الجليد والثلاجات :

الواقع أن كل حقل ثلجي هو بالضرورة حقل جليدي ، حيث أن الثلج متى تراكم بكميات كبيرة ، وتضاغطت أثقاله ، تحول بمرور الوقت الى جليد ، وبتوالي تراكم الثلوج وتضاغط الجليد في حقوله ، تشرع أغلفته في الزحف ببطء أينما انفسح أمامها مجال الحركة المطلقة ، وعندئذ تعرف ألسنة الجليد المنبعثة من الحقول باسم الثلاجات .

تتنوع أصناف الثلاجات تبعا لأحجامها وطبيعة الاراضي التي تستقر عليها ، فلو كانت حقول الجليد مما ينشأ على رؤوس الجبال ، فان من الطبيعي أن يتحرك محتواها هابطا على السفوح ، فلو خرجت من مثل هذه الحقول وديان أرضية غائرة محدودة المسارات ، ترسمتها ألسنة الجليد المتدافعة وتركزت بمجاريها على نحو ما يحدث بالنسبة لتجمع المياه بقنوات أودية الأنهار . أما اذا شغلت حقول الجليد مساحات أرضية منبسطة باهتة المعالم ، انتشرت الاجسام الجليدية من مراكزها تجاه جميع الاطراف على حد سواء ، وتدعى الانواع التي تحتل فجوات الأودية ثلاجات الأودية ، وهي في المعتاد الصورة التي تتبادر الى الذهن أولا عند ذكر كلمة ثلاجة (شكل ٤٥) .



شكل (٤٥) ثلاجة جبلية

أما الفئة الاخرى فهي ما يعرف بثلاجات العروض العليا ، وتختلف قليلا في بعض مقوماتها عن الانواع الالبية السابقــة من حيث وعورة جوانب أشرطة الجليد ونهاياتها المفاجئة . بينما يتخذ الجليد المتراكم فوق أسطح السهول أو الهضاب المستويــة بالعروض الباردة والقطبية أشكالا أقرب الى الاستدارة ، ومن مراكز هذه التجمعات الجليدية الهائلة ، تنتشر الحركة زحفا في جميع الاتجاهات ، مما يبرر تسمية تلك الاشكال أغلفة الجليد ، وأكبرها يغشى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرنيلند وأيسلند وجزر المحيط القطبي وأرخبيل شمالي كندا .

الأودية الجليدية :

تتميز الأودية الجبلية التي تحتلها الثلاجات بخصائص معينة تفرقها عن الأودية النهرية العادية الناتجة عن عمليات النحت المائي ، ولعل أبرز هذه الخصائص استقامة الأوديــة الجليدية على امتداد مسافات كبيرة وعظم اتساعهــا ، وتسطح بطونها ووعورة جوانبها ، مما يبرر تشبيهها أحيانا بالحرف (U) كذلك تتصف بطون الأودية الجليدية بتضرسها نتيجة اشتمالها على العديد من الفجوات والهوات الارضية المغلقة ، بينما تبرز من أرضياتها أعتاب صخرية ، وتكتنفهــا بين الحين والآخر تلال عقدية صغيرة كالأسافين .

تتأصل الأودية الجليدية الجبلية بحقول الثلج والجليد التي تملأ وهادا أرضية بين الذرى تدعى الحلبات ، وهي فجوات حوضية غائرة ، تقفلها حوائط جرفية سحيقة تجاه أعالي المرتفعات ، بينما ينفرج طوقها في الاتجاه المقابل عن فج تخرج منه الثلاجة ، هو بداية الوادي الجليدي الذي يشرع من هناك سعيه هبوطا على جوانب السفوح ، وتتسم قيعان الحلبات بانحدار لطيف ، ابتداء من قواعد الجروف الى مخارج الفجاج ، ميسرة بهذا ولوج الأجسام الجليدية التي تشكل الثلاجات .

يتعرض جليد كافة الثلاجات الجبلية للتناقص بصفة مستمرة كلما

هبطت على السفوح ، ويتفاوت مدى امتداد الأطراف النهائية لها فيما وراء خط الثلج الدائم من موسم لآخر ، تبعـا لوفرة التساقط الثلجي ودرجات الحرارة، ولا يتجاوز طول معظم الثلاجات خمسة عشر كيلومترا، وعرضها بضع مئات من الأمتار ، وتتراوح سرعة حركة الجليد بها ما بين كسر من المتر والثلاثين مترا يوميا .

الثلاجات القارية :

توجد أفضل نماذجها في نصف الكرة الشمالي بجرينلند ، التي يغشى ثلاثة أرباع مساحتها غلاف واحد متصل تترامى رقعته فوق ما يقرب من ١,٣ مليون كيلومتر مربع ، ويتجاوز سمكه بوسط الجزيرة ثلاثة آلاف متر ، ومن المحتمل أن يكون ذلك الثقل الرهيب الذي ترزح تحته أرض جرينلند قد سبب هبوطا توازنيا ، غار بالارض اليابسة في الوسط الى ما دون منسوب البحر . وبالقرب من حواشي الجزيرة ينساب غطاء الجليد عبر فجوات في جبالها الهامشية كثلاجات أودية عملاقة ، وغالبا ما تتكسر الاطراف الخارجية لهذه الثلاجات عند هبوطها الى مياه البحر ، مشكلة جبالا جليدية طافية، ويقدر معدل تقدم الجليد هنا بنحو عشرة سنتيمترات يوميا .

أعظم من هذا بكثير غطاء الجليد القاري على الجزيرة القطبية الكبرى أنتراتيكا ، الذي يقدر بسبعة أمثال جليد جرينلند ، فهنا تغطي الاغلفة مساحة ٩ ملايين كيلو متر مربع ، أي ما يقرب من مساحة قارة أوروبا بكاملها ، والسطح العلوي له عبارة عن هضبة تشمخ أكثر من أربعة آلاف متر فوق مستوى مياه البحار المجاورة ، ولا تظهر الارض اليابسة مطلقا الا في بعض الحواشي ، ويتكسر الجليد عند بروزه من اليابس في كتل ضخمة تحملها التيارات البحرية بعيدا عن المياه القطبية .

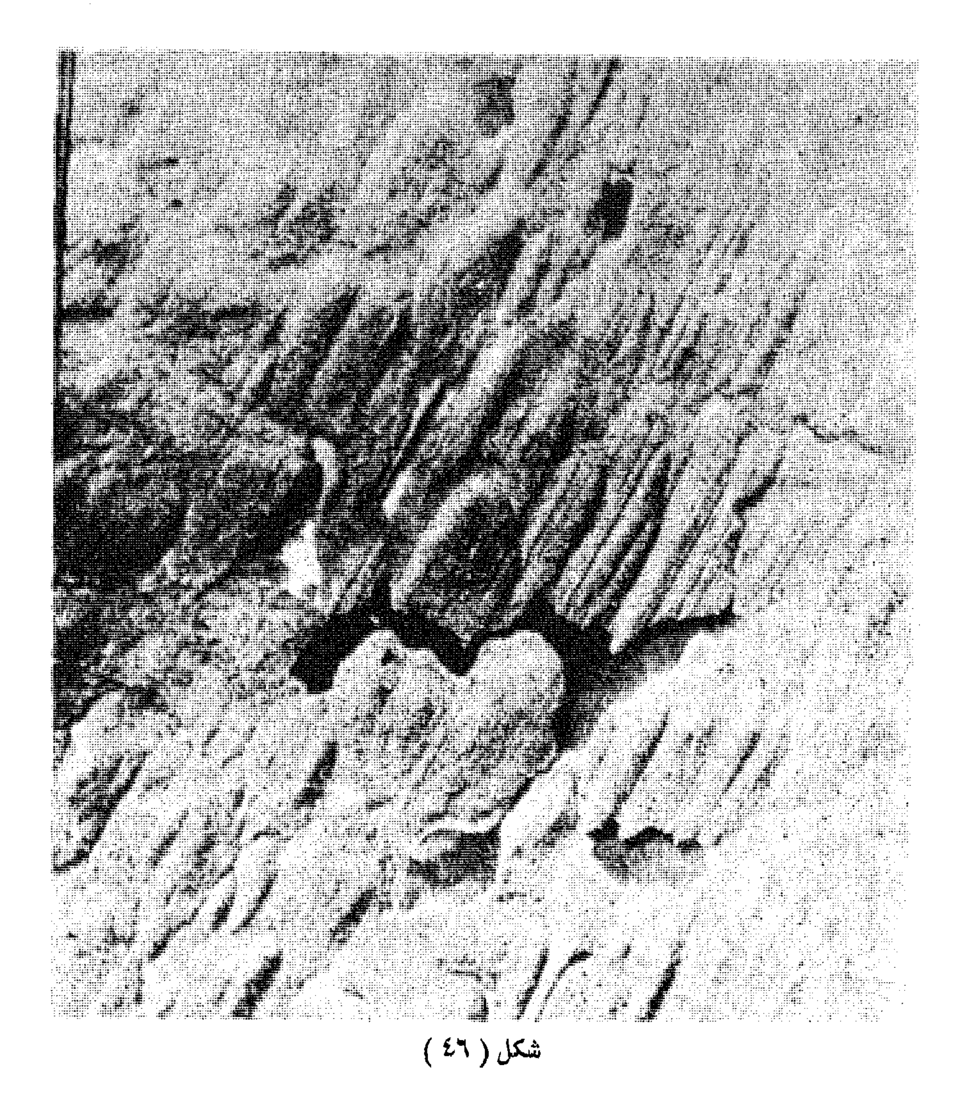
نحت الجليد :

تتوقف قدرة الثلاجات وأغلفة الجليد كعوامل نحت على سرعة انسيابها،

فالجليد المتحرك يجتاح أغطية التربة والرواسب السطحية ، ويسوي ما بالارض من مظاهر التضرس الصغرى ، أما معالم السطح الكبرى فانها تبقى كما هي باستثناء حفر الأخاديد والفجوات ، ويحفر الجليد المتحرك في الاودية أرضيات تلك الأودية ولكن حالما يقل الانحدار نحو مهابطها ، فسرعان ما تفقد الثلاجة قدرتها على النحت والازالة ، وتجنح لالقاء أعبائها من الرواسب الركامية متى سلبت الطاقة .

تتسلح الثلاجات بفتات ما تلتقط من صخر أثناء زحفها على الارض ، كما تتزود بكل ما تتلقاه أسطحها من جلاميد ومواد ترسلها بين الحين والآخر تهدلات جروف الحليات ، وانهيار جوانب الأودية ، فتكتسب لذلك قدرة على النحت والتعرية ، وهي قدرة تتعاظم كلما اقتلعت ألسنتها المتحركة مزيدا من الأحجار وشظايا الصخور السائبة من مواضعها ، وجرفتها معها في رحلة طويلة الى حيث تنتهي . وتعتبر هذه المواد بمثابة أضراس الجليد الطاحنة ، ونصاله الكاشطة ، فهو حين يدفعها بقوة ضغطه الهائل ، تعرك أسطح الصخر تحت الأغلفة ، وبامتداد بطون الأودية وجوانبها ، فتراها في كثير من المواضع بعد أن ينجاب الجليد محززة متآكلة ، وقد يبلغ عمق بعض الأخاديد الناشئة عن هذا النوع من النحت قرابة ثلاثين مترا ، بامتداد مسافات أفقية تزيد على الكيلومترين (شكل ٤٦) .

كذلك متى تصدت من سطح الصخر أجسام بارزة في طريق الجليد الزاحف تآكلت أوجهها الواقعة في مستهل الحركة ، وتخلفت عنها تلال بيضاوية أما أغشية التربة وأغطية الحطام الصخري التي كانت تكسو الارض قبل مجيء الجليد ، فانها تعلق بألسنته ، وتظل تتآكل حتى تختفي كلية ، عندئذ يتعرض الصخر الصلد الذي كان دفينا تحتها لعمليات الصقل والتخدد وفي نفس الوقت تتدافع كتل الجلاميد والحصوات أثناء الحركة ، فتطرق بعضها البعض ، وتحتك بأسطح الصخر حتى تبرى



شكل (٤٦)

وتطحن ، وينتج عنها مساحيق ترابية غاية في النعومة ، هي مايعرف مجازا بدقيق الصخر .

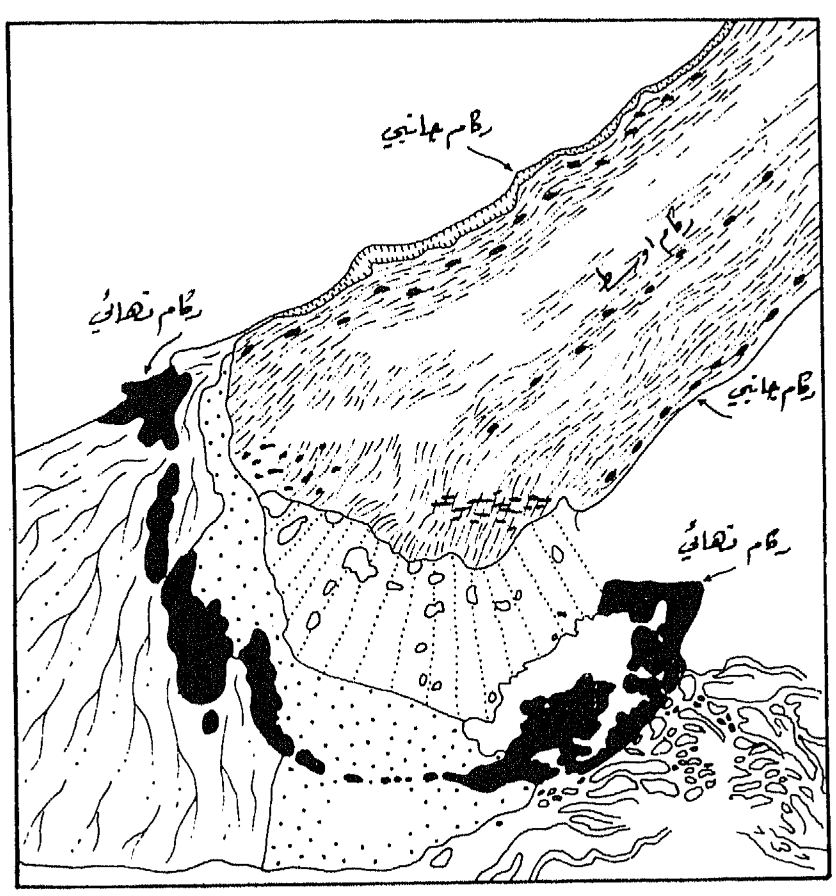
الارساب الجليدي :

ينقل الجليد المتحرك كميات كبيرة من الرواسب المؤلفة من الجلاميد

والاحجار والحصى والرمال والطين ، التي تشاهـد مختلطة ، وتدعى الركامات وهي على أنواع :

١ ـ الركامات الجانبية وتوجـد على كلا جانبي الأوديـة الجليدية الجبلية في كثير من المواضع ٠

٢ ـ الركامات الوسطى وتتكون عندما يلتحم ركامان جانبيان نتيجة لاتصال واديـين جليديين والتحامهما في مجرى موحـد . وتتكون هذه الركامات من أشرطة طولية مستقيمة في وسط المجرى الجليدي (شكل٤٧) ٠



شكل (٤٧) الركامات الجليدية

٣ ـ الركامات النهائية وتوجد عند نهايات الثلاجات ، وأحيانا يكون هناك أكثر من ركام نهائي واحد للثلاجة الواحدة ، يحدد كل منها مرحلة من مراحل تراجعها .

الريــاح

النحــت :

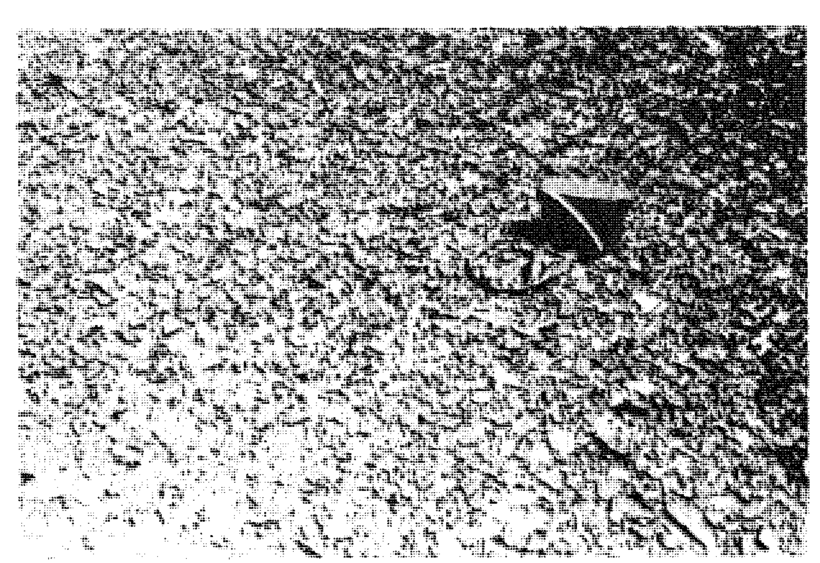
تؤدي الرياح دورها كعامل نحت باحدى وسيلتين : الوسيلة الاولى هي التذرية ، وتتم بواسطة قوة دفع التيارات الهوائية وحدها، واحتكاكها بالسطح ، فحيثما وجدت مساحة من سطح الارض الجافة المكشوفة والمغطاة بمواد سائبة أو قليلة التماسك كفتات الصخور المعرضة للتجوية ، أو الرواسب الفيضية والجليدية أو رمال السواحل ، فان الرياح متى مرت بهذه الجهات التقطت بعض الحبيبات الدقيقة من بين الرواسب ، وحملتها أو جرتها بعيدا عن مصادرها ، لهذا فان جميع جهات السطح بالمناطق الجافة أساسا عرضة لهذه العملية ، بسبب شدة الجفاف ، وخلو الارض من الغطاء النباتي .

وبطبيعة الحال تكون الرياح أقدر على حمل الحبيبات الدقيقة من التراب المشتق من الصخور الصلصالية والطينية والغرينية الى ارتفاعات كبيرة ، ولمسافات شاسعة ، أكثر من حبيبات الرمال الغليظة التي تتطلب هبات شديدة من الرياح ، قبل أن تتحرك بالقرب من سطح الارض ولمسافات قصيرة ، وأهم ظاهرات السطح التي تنتج عن التذرية هي :

١ ـ المرتصفات الصحراوية أو صحراء الرق :

وهي عبارة عن الاراضي الصحراوية التي تفرشها الحصوات مع الرمال ، فتتولى الرياح تذرية الرمال الرقيقة من بين الحصوات التي تتركز بمرور الزمن ، فتكون قشرة متصلة مرتصفة من الحصوات ، التي

تتداخل فتتصلب وتكون أسطح غاية في الاستواء ، تصلح لسير المركبات بالصحراء وكأنها الطرق المرصوفة (شكل ٤٨) .



شكل (٤٨) المرتصفات الصحراوية

٢ ـ المنخفضات الصحراوية :

لا يتعدى أثر الرياح في هذا الصدد احداث منخفضات متواضعة الحجم، محدودة المساحة ، تتراوح أبعادها بين بضع عشرات من الامتار ، وبضعة كيلومترات على أقصى تقدير ، وتسمى تجاويف التذرية ، ويكثر وجودها بالمناطق الرملية خاصة . أيضا تتعرض السباخ والقيعان الصحراوية لازالة الأتربة بكميات كبيرة لدرجة أن بعضها يغـور بضعة أمتار تحت السطح ، وتزيد أبعادها عن كيلومترات عدة .

وتنقل العواصف الشديدة كميات كبيرة من الغبار كرياح الهبوب في السودان ، مثل هذه العواصف تنقـل آلاف الاطنان من الغبار العالق وباستطاعة الغبار أن يسافر مسافات شاسعة مع الهواء ، حتى أن أثـر

بعض العواصف الترابية الشديدة يمكن تتبعها لمسافات تتراوح بين ثلاثة آلاف وأربعة آلاف كيلومتر بعيدا عن مصادرها .

أما الوسيلة الثانية للنحت بواسطة الرياح فهي التخديد أو التخريش ، وتتم بواسطة الرياح المحملة بالرمال ، فترى أعمدة الهاتف في الصحراء متآكلة القواعد ، وتقوم الرياح في هذه الحالة بعمل يشبه عمل ورق الزجاج ، ويبدو أثر نحت الرياح والرمال كذلك في الجلاميد وكتل الصخر ذات الأسطح اللامعة المتآكلة ، ومن الاشكال التي تنشأ عن ذلك أيضا الحصوات المثلثة الاسطح كالجوز البرازيلي ، وهي تظل تتآكل حتى تتحول الى صفائح رقيقة ، وأفضل البقاع التي يمكن العثور فيها على تلك الحصوات المشطوفة المصقولة ، هي المناطق الواقعة تحت الريح مباشرة من التراكمات الرملية .

الارساب :

تنتقل الرمال مع الهواء كانتقال الرواسب الفيضية بالماء، اما بواسطة الجر والسحب أو التعلق أو القفز أو الزحف ، ومصير الرمال والتراب مهما طالت حركته مع الرياح هو الاستقرار مرة أخرى ، ويرجع ذلك لبطء تيارات الهواء فجأة ، أو اعتراض عقبات طبوغرافية لها ، عندئذ تتخلص الرياح من معظم حمولتها ، وأشهر الرواسب نوعين :

١ ـ **تربة الليس :** وهي عبارة عن طبقات من الغبار الرقيق ، حملتها الرياح مسافات طويلة قبل أن تضعها ، وأبرز نماذجها بشمال الصين ، وشرق نهر المسسبي ، كذلك يوجد الليس في بعض جهات الاردن عند المفرق وجنوب الضبعه على طريق العقبه ، هذه التربة غنية متى وجدت الماء الكافي .

٢ ـ **الرواسب الرملية :** منها ظلال الرمال خلف العقبات الطبوغرافية ، والكثبان الهلالية وكثبان السيف أو الغرود الطولية، والنباك وهي كومات

رملية تتجمع خلف أكمات النبات في الصحراء ، ثم فرشات الرمال التي تغشى مساحات واسعة من السهول الرملية بكثير من الصحارى . وفيما يتعلق بحركة الرمال مع تيارات الهواء وعوامل تشكل تلك الانماط الرملية ، فهي غاية في التعقيد ، وتتطلب استفاضة تخرج بنا عن الهدف من هذه المعالجة المقتضبة .

الأمواج

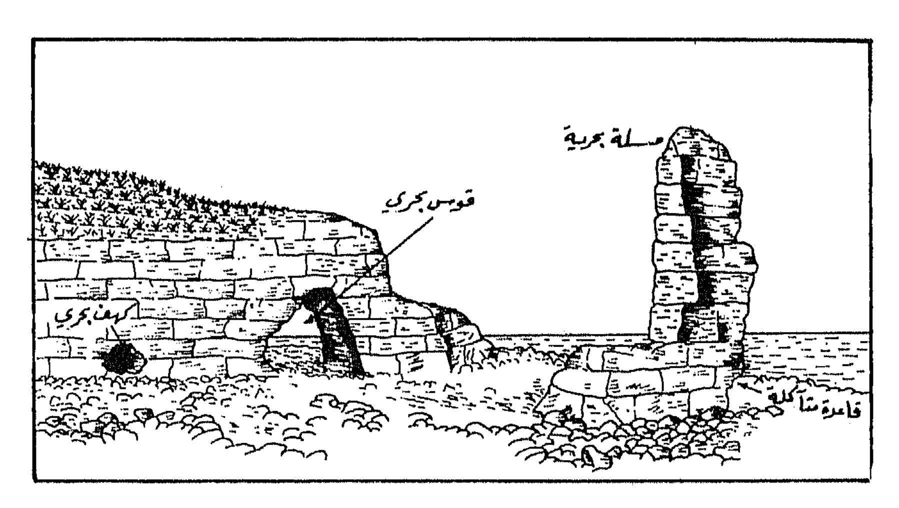
النحت :

تمارس الامواج نشاطا حتيا ملحوظا بالجهات الساحلية ، خاصة تلك التي تنفتح على البحار الكبرى والمحيطات ، فالامواج عندما تتحطم على صخور الساحل فان ضغط الماء والهواء المحتبس معه يبلغ مئات الاطنان على القدم المربع الواحد من السطح . وفضلا عن ضربات المياه ، فان ما تحمله من حطام الصخر يكون كالمطارق التي يتوالى وقعها على صخور الساحل فتنهار ، وتمد الامواج بمزيد من هذه المطارق ، كما تحصل الامواج على كثير من المواد المفتتة التي تأتي بها مياه الانهار كالحصى والرمال .

ويساعد الامواج في عملها رخاوة قواعد بعض الجروف الصخرية التي تنال منها بسرعة فتهدمها ، وكذلك تلعب الشقوق والمفاصل بالصخر دورا هاما في تآكلها أمام الامواج ، على أن أنشط الامواج في عمليات النحت هي ما كان عموديا على خط الساحل ، بعكس الامواج التي تصل الساحل بزاوية ميل كبيرة فانها تكون قليلة الفعالية في هذا المضمار . وأهم ما تحدثه الامواج من ظاهرات النحت ما يأتي :

١ ـ **الفجوات القاعدية :** وتنشأ نتيجة لضرب الموج قواعد الجروف الصخرية فتتراجع في مراحل ، حتى تصبح الفجوة من العمق بدرجة

تعجز معها الصخور التي تعلوها عن مقاومة قوى الجذب فتسقط،ويتراجع الساحل الصخري في نوبات متتابعة بتأثير هذه العملية ، وتتقدم في أعقابه مياه البحر ليستمر عمل الامواج من جديد ، لكي ينشأ في النهاية رصيف نحت مستو بمحاذاة الشاطىء (شكل ٤٩) .



شكل (٤٩) نحت الامواج

٢ ـ **الكهوف** : حيث تكثر المفاصل الرأسية في الصخور ، وحيث تهب على الشاطىء العواصف والأنواء فتقوى الامواج،تتكون الكهوف التي تجوفها ضربات الموج في التكوينات الرخوة ، وأحيانا تتكون الكهوف فوق مستوى الماء ، كما أنها في بعض الاحيان تنشأ تحته ، وتواجه فتحات الكهوف مياه البحر ، في حين تتعمق فجواتها داخل اليابس .

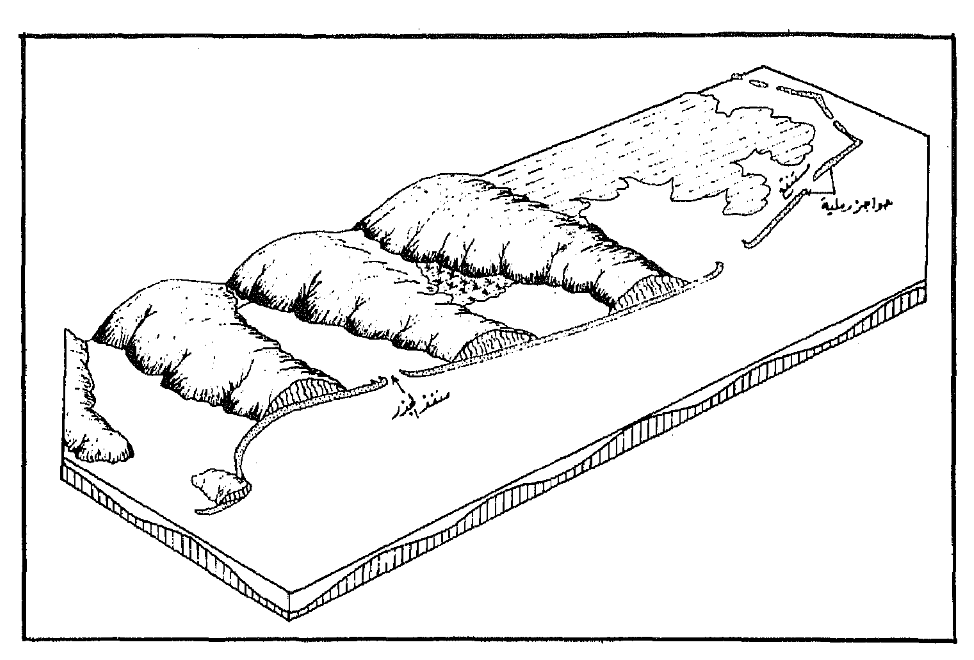
٣ ـ **الأقواس البحرية** : عندما تبرز ألسنة من الصخر في ماء البحر ، تضربها الامواج من جانبين ، فتؤدي الى تكوين فجوتين قاعديتين متقابلتين في كل بروز من هذه البروزات ، تتحول الفجوات مع الزمن الى كهوف ، ثم تتواصل الكهوف ، فيبقى القسم العلوي معلقا على الفجوة النافذة ، ومن ثم يتشكل القوس .

٤ ـ **المسلات البحرية :** وهـي خطوة تالية لتكـون الاقواس البحريـة ، فباستمرار فعل الموج ، ترق أسقف الاقواس ، وتتسع الفجوة من تحتها ، فلا تلبث أن تنهار الاسقف ، مخلفة تجاه البحر عمودا من الصخر يبـدو كمسلة قاعدتها عريضة متآكلة ، ورأسها مدبب مسنن (شكل ٤٩) .

الارســاب :

تكون الامواج أشد ما يمكن عنفا على الجهات البارزة كرؤوس صخرية في مياه البحر ، ولكنها تضعف كثيرا وتتوزع طاقتهـا في المناطق الغائـرة التي تشكل الخلجان ، ومن ثم فان الامواج تعمـل على تآكل الرؤوس وتراجعها بسرعة ، في حين تساعد الامواج الضعيفة على طـم الخلجان ، وامتلائها بالرواسب . بالاضافة الى ذلك فان الامواج التي تضرب سواحل صخرية كثيرة الشقوق والفجوات ، فانها تنتزع منهـا كميات طائلـة من الاحجار ، التي تظل تعركها جيئة وذهابا حتى تلثم جوانبها ، فتتكور أو تصبح بيضاوية ، فاذا ما زادت حمولة الموج من هـذه المـواد عن طاقته ، أرسب قسما منها كأشرطة طولية بمحـاذاة الساحل ، فتعرف لذلك باسم السواحل الحصباوية ، وهي مواد غليظة ، يتعذر على الامواج العاديـة الهادئة بلوغها أو سحبها بعد تراكمها الى البحر مرة أخرى .

أما الخلجان فانها نتيجة حمايتها من الموج العاتي ، تصبح لذلك حيزا ارسابيا تلقى به وعلى جوانبه المواد الدقيقة من الرمال الصغيرة على شكل هلال ، و أحيانا أخرى تضع الامواج حمولتها عند مدخـل الخليج قبل أن تبلغ الساحل ، وفي هذه الحالة تظهر الرواسب الرملية كجسر عرضي يصل ما بين جانبي الخليج ويفصل جزءه الداخلي عن ميـاه البحر فيتحول الى بحيرة ساحلية . أما عند مصبات الانهار التي تحمل رواسب الرمال ، فقد تتكون أمام الساحل حواجز رملية من المواد الفيضية ، تحصر بينها وبين الساحل مستنقعات وغياض (شكل ٥٠) .

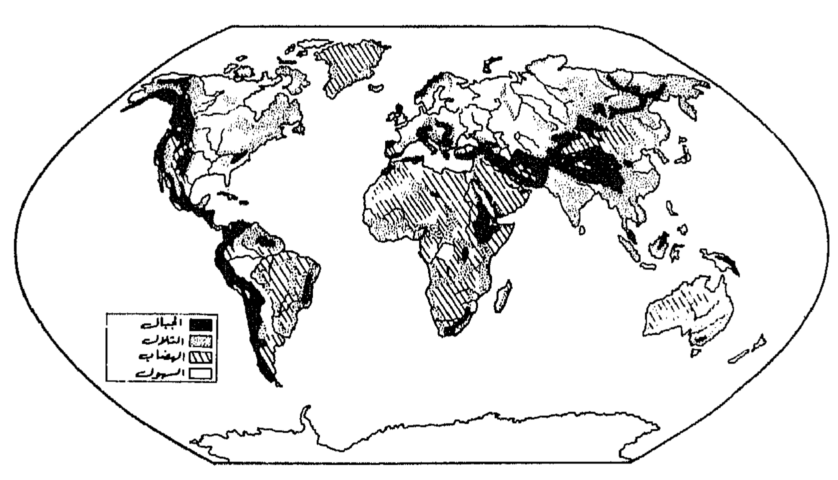


شكل (٥٠) رواسب الشواطيء

الفصل السادس

الأنماط التضريسية الكبرى

يتألف سطح الارض من عدد محدود من الاشكال التضريسية الكبرى لو شئنا تصنيفه الى أنماط بناء على عاملي المنسوب والانحدار (شكل٥١)



شكل (٥١) أصناف التضاريس الكبرى

فعند أدنى المناسيب ، أي أقربها الى سطح البحر ، تنفسخ أراضي السهول المنبسطة المستوية ، وهي لذلك أراض قليلة الانحدار ، لطيفة التضرس ،

باهتة المعالم على النقيض من ذلك الاراضي المرتفعة ، ذات الذرى الشامخة والمنحدرات الوعرة ، فانها تكون الجبال ، التي هي أشكال أرضية بارزة ، شديدة التضرس ، ذات ملامح نافرة ، يتكسر عليها خط الافق ، لتفاوت مناسيبها بين هوات سحيقة في فجاج الادوية الغائرة ، وبين قمم عالية تنتصب فوقها مئات الامتار .

فيما بين النقيضين ، توجد صورتان أخريان ، تجمع كل منهما بين بعض خصائص النوعين السابقين ، وهما الهضاب والتلال ، فالهضاب تأخذ من الجبال شموخ المناسيب في الغالب الاعم ، كما تأخذ من السهول انبساط الاسطح العليا واستواءها ، غير أن الاودية الخانقية التي تمزق معظم الهضاب العالية حول العالم ، تعطيها مظهرا جبليا في المعتاد ، ينأى بها كثيرا عن أراضي السهول المتصلة . أما التلال ، فتشبه الجبال من حيث الوعورة ، والتضرس ، ولكن على نطاق مصغر ، حيث تتواضع مناسيبها ، فتقترب بذلك من مناسيب الاراضي السهلية .

أولا : السهول

السهول رقاع فسيحة من الاراضي المستوية ، التي ان وجد بها شيء من التضرس ، فانه لا يزيد عن أسطح تلال محدودة، تنحدر جوانبها بلطف فوق مستويات السطح العام ، والسهول وان اشتركت في تلك الخصائص العامة من حيث الاستواء ، وهوادة السطح ، الا أنها تتمايز فيما بينها تمايزا شديدا ، فبعضها خفيض لا يعلو كثيرا عن المستوى العام لسطح البحر ، بينما قد يرتفع بعضها مئات الامتار فوقه ، ومنها ما يتماوج سطحه ، كما أن منها ما تكتنف وجهه الغياض والمستنقعات ، أو تغشاه كثبان الرمال والحصى ، في حين قد يستقر الجليد دائما فوق أسطح بعض أنواع السهول بالمناطق القطبية ، بينما قد يكشف بعضها الآخر عن وجه حجري قاس .

تساعد سمات التسطح والاستواء في ظل بعض الظروف الطبيعية

المناسبة على انتشار البشر بأعداد متكاثفة فوق أديم الاراضي السهلية ، ويبدو ذلك الامر واضحا عند موازنة خريطتين احداهما للتضاريس والاخرى لتوزيع السكان حول العالم ، فباستثناء السهول الجليدية والحجرية ومناطق المستنقعات والادغال الاستوائية ، فان بقيةالاراضي السهلية تغص بسكانها حيث يسهل استثمارها في أغراض الزراعة واقامة العمران وانشاء شرايين المواصلات متى سمحت ظروف المناخ والتربة بذلك .

أصل السهول :

استواء أسطح الجهات السهلية مرده أحد ثلاثة عوامل :

١ ـ اما أن مساحات واسعة من الارض قد سوتها عوامل طبيعية معينة ، خفضت من مناسيبها بازالة ما كان بها من معالم تضرس ، أو أن هذه المساحات قد تعرضت للطم السريع بمواد ارسابية جلبت اليها من خارجها فطمرت ما بأسطحها من دواعي عدم الانتظام وتباين المناسيب .

٢ ـ قد يكون استواء السطح ناجما عن استقرار الارض ، وعدم معاناتها لحركات باطنية على الاقل أثناء الاحقابالجيولوجية المتأخرة، اذ أن حركات الرفع يتبعها في المعتاد تمزق الكتل الناهضة بفعل الاودية النهرية ، وافتراقها بالتالي عن السطوح السهلية المستوية .

٣ ـ قد يكون من بين أسباب استواء الاراضي السهلية حداثة العهد بحركات النهوض بشكل لم يدع الفرصة الزمنية الكافية لان تقطع الانهار أوصالها .

التوزيع الجغرافي للسهول :

١ ـ امريكا الشمالية : تتمتع هذه القارة بنسبة عالية من السهول ، حتى لا يفوقها في ذلك سوى قارتي أوروبا واستراليا ، فعلى طولامتداد وسط القارة من المياه المدارية على سواحل خليج المكسيك الى المياه

القطبية على سواحل المحيط المتجمد الشمالي ، تنتشر أراض سهلية عبر مسافة تقرب من خمسة آلاف كيلومتر ، يحف بهذا السهل القاري العظيم من الغرب سلاسل من التلال والهضاب والحافات الجبلية لمقدم واجهة جبال روكي ، التي تنتهي شمالا تاركة شريطا سهليا يمتد غربا على ساحل المحيط المتجمد الشمالي لشبه جزيرة آلاسكا ، يقابل هذا في الجنوب امتداد للسهل الداخلي شرقا حتى يصل الى المحيط الاطلنطي ، وهناك ينبعث منه شريط ساحلي ينتشر شمالا حتى خليج سانت لورنس وينفصل بذلك عن الداخل بواسطة كتلة جبال الابلاش ، أما كتلة المرتفعات اللورنسية الى الشمال من مصب سانت لورنس فتحد السهول الكندية الداخلية من الشرق .

ليس أدل على استواء هذا السهل الفسيح من أن المسافر من دلتا المسسبي الى مصب نهر ماكنزي عبر القارة لن يتسلق أراض يزيد منسوبها على ٢٥٠ مترا في أية بقعة على طول الرحلة ، بالاضافة الى ذلك يوجد عدد من السهول الصغرى يطلق عليها اسم أودية ، مثل وادي كاليفورنيا الاوسط ، وحوض بحر سولتون بشقيه وادي امبيريال في الجنوب ووادي اكتوتشيلا في الشمال ، بالاضافة الى ذلك توجد سهول جيرية بحيرية بكل من شبه جزيرة فلوريدا وشبه جزيرة يوكاتان .

تعتبر قارة أمريكا الشمالية قارة محظوظة بنصيبها من السهول الفسيحة ، خاصة النطاق القاري الداخلي المتصل ، حيث تقوم على أرضه الرحبة حياة زراعية غنية ، يندر أن يوجد لها مثيل ، فاستواء السطح ساعد على تطبيق الوسائل الآلية الحديثة على نطاق واسع في كافة عمليات الانتاج بالجملة ، يضاف الى ذلك رطوبة المناخ ووفرة الامطار والخصب النسبي للتربة عبر مساحات شاسعة ، لهذا تشتهر هذه السهول بانتاجها الهائل من أحزمة ثلاثة ، هي حزام القطن جنوبا ، يليه حزام الذرة في الوسط ، فحزام القمح الشتوي ثم القمح الربيعي في الشمال ، وهي جميعا سر فائض الاغذية ، التي تصدر كميات منها كمعونات يتبعها من وأذى للاقطار المعوزة التي تتلقى منها النزر اليسير .

٢ ـ امريكا الجنوبية : يتبع التنظيم التضريسي هنا نمطا مماثلا كما بقارة أمريكا الشمالية ، فالسهول الواسعة تشغل القلب القاري ممتدة أيضا من الشمال الى الجنوب ، تحفها المرتفعات من الغرب والشرق ، وتشتمل الرقعة السهلية أراضي البمبا الارجنتينية ، وتمتد شمالا الى منخفضات بارانا ، التي تتصل بدورها بسهول الامزون الفسيحة ، حيث تنفتح على المحيط الاطلنطي عبر ممر على امتداد المجرى الأدنى لنهر الأمزون ، المرتاد لتلك السهول طولا وعرضا ابتداء من بيونس أيرس الى مصب الامزون ، لا يصادف في رحلته أراض يعلو منسوبها على ٢٥٠ مترا فوق مستوى سطح البحر ، على غرار السهول الداخلية لامريكا الشمالية ، ولكن مع هذا فسهول أمريكا الجنوبية رغم اتصالها يفرض على بعض أجزائها نوع من العزلة بسبب بعد الشقة عن الجهات الساحلية ، وأيضا بسبب انتشار المستنقعات عبر مساحات واسعة في بعض البقاع ، وتعاسة الظروف المناخية في بقاع أخرى .

كذلك الحواف الجبلية هنا أشد وعورة وأعظم اتصالا من تلك بقارة أمريكا الشمالية ، فسلاسل الانديز أشمخ وأعظم استمرارا من الروكي ، والهضاب الشرقية أوسع ولكنها أقل وعورة وتمزقا من الأبلاش ، فمن ريوديجانيرو على ساحل البرازيل الى سهول الامزون يقطع المسافر ٣٢٠٠ كيلومترا في أراض هضبية تكتنفها تلال تعد بمثابة برية قليلة السكان .

على الجانب الشمالي من القارة يقع ثاني سهول أمريكا الجنوبية سعة في حوض نهو الأورينوكو ، الذي يمتد كفجوة هائلة بين قواعد جبال الأنديز والبحر الكاريبي ، عبر مسافة تزيد على ١٥٠٠ كيلومترا ، ويطوق هذا الحوض من الغرب والشمال قوس من شعب الأنديز ، في حين يفصله عن سهول الآمزون مجموعة هضاب جيانا . ويعيب هذا الحوض فصلية صارمة في توزيع المطر حيث الشتاء قاسي الجفاف والصيف منهمر المطر .

بقية الاراضي السهلية بأمريكا الجنوبية عبارة عن مساحات محدودة

ولكن لبعضها من الخصائص الطبيعية المواتية ما جعلها مراكز تكاثف سكاني هائل كالحال في وادي تشيلي الاوسط والسهل الساحلي لأوروجواي بعضها الآخر تنقصه هذه الميزات كالصحارى الساحلية الغربية في شمال تشيلي وامتدادها شمالا في بيرو .

٣ ـ السهول الأوروبية : أكبرها السهل الروسي الذي يبدأ من منطقة البحر الأسود وبحر قزوين عبر أعراض بقاع القارة شمالا حتى المحيط المتجمد الشمالي ، عند الطرف الجنوبي لجبال أورال ينفتح هذا السهل شرقا ليمتزج بسهول التركستان وغرب سيبيريا في آسيا ، وعلى الرغم من أن بعض أجزاء هذا السهل أراض صحراوية وشبه صحراوية في أقصى الجنوب والجنوب الشرقي ، وبعضها الآخر بارد تغطيه المستنقعات في الشمال ، فان الشطر الاكبر منه أراض منتجة ، هي التي تمد الاتحاد السوفييتي بالقسط الأوفى من حاصلاته الزراعية ، التي قد يجد فائضها سبيله في يسر الى موانيء البحر البلطي والبحر الأسود .

يضيق السهل الروسي غربا تجاه المحيط الاطلنطي ، حيث يطوق جزء منه سواحل البحر البلطي ، ويمتد طرفه الغربي القصي عبر شمال المانيا والدانمرك والاراضي المنخفضة وغرب فرنسا حتى قواعد جبال البرانس هذا الانفتاح على البحر واختفاء الاراضي المرتفعة ييسر دخول مؤثرات المناخ البحري الملطف الى داخل القارة ، فيكسبها رطوبة واعتدالا .

فيما عدا ذلك تتمتع الكثير من أقطار القارة برقاع محدودة من السهول تناسب مساحة كل منها ، أبرزها سهل البو بشمال ايطاليا ، وسهول حوض الدانوب الأوسط بهنجاريا ويوجوسلافيا ورومانيا ، غير ذلك نجد سهل الرون في فرنسا ، وسهول الاندلس في جنوب اسبانيا ، هذا فضلا عن جيوب سهلية صغرى فيما بين مياه البحار الجنوبية والتلال الداخلية بكل من ايطاليا واليونان ، وترجع أهمية هذه السهول الى أنها كانت النويا التي نشأت عنها بادرات مدنيات قديمة راقية أيام العصور الذهبية للرومان والاغريق .

٤ ـ افريقيا : شطر زهيد للغاية من مساحة هذه القارة أراض سهلية، اذ أنها في المعظم قارة هضبية كبيرة ، وتكتنفها العديد من المنخفضات الصغرى في الداخل ، وتطوقها أشرطة ساحلية وطيئة رفيعة على طول حواشيها ، أشهر هذه المنخفضات حوض الكونغو ، وهو سهل واسع مستدير في مثل مساحة فرنسا ، تحفه هضاب عالية من كل جانب ، ويناظر في موقعه وظروفه المناخية والنباتية سهول الامزون بأمريكا الجنوبية ، الى الشمال من هذا الحوض يوجد منخفض تشاد بسهوله الصحراوية وبحيرته الملحية ، شبيه بذلك أيضا منخفضات موريتانيا الشاسعة التي تمتد من قلب الصحراء غربا لتتصل بالسهول الساحلية لغرب القارة وامتدادها شمالا على طول السواحل المغربية ، وجنوبا الى غينيا بيساو، ويبلغ طول هذه الشقة السهلية الساحلية على الاطلنطي نحو ٢٢٠٠ كيلومتر .

بقية السهول الافريقية تتخذ نمطا شريطيا واضحا ، خاصة المحدقة منها بالسواحل الغربية للقارة ، والتي تمتد منها ألسنة لمسافات متباينة نحو الداخل ، بعضها أراض صحراوية كجنوب تونس وجنوب غرب أفريقيا والصومال ، وبعضها الآخر مداري حار رطب كدلتا النيجر، ولكن أهمها في الواقع الشريط السهلي الضيق الذي يعبر مساحات واسعة من الصحراء على جانب وادي نهر النيل ، حيث نشأت واحدة من أقدم حضارات الارض فوق مساحات من أراض خصبة يسقيها النيل .

٥ ـ آسيا :

بهذه القارة التي تبلغ مساحتها نحو ضعف مساحة قارة أمريكا الشمالية، يوجد واحد من أكبر السهول رقعة تترامى أطرافه ما بين منخفض بحر قزوين ومياه المحيط المتجمد الشمالي ، أي ما يماثل عرض أراضي الولايات المتحدة الامريكية عبر أعرض بقاعها من الشرق الى الغرب . غير أن هذا السهل الآسيوي يتفاوت كثيرا في سعته من بقعة لأخرى ، اذ

يبلغ أقصى عرض له في غرب سيبيريا ، ولكنه يضيق نسبيا أينما امتدت الى قلبه ألسنة من السلاسل الجبلية ومرتفعات وسط القارة من الجنوب والشرق ، على طرفيه يوجد نوعان من الصحارى : في الشمال أصقاع التندرا بمستنقعاتها وبرودتها ، وفي الجنوب الصحارى القارية بجفافها وملوحتها، ولكن فيما بين هذه وتلك تمتد سهول رائعة ، صالحة للاستثمار خاصة الى الجنوب من خط السكة الحديد الذي يصل ما بين أراضي روسيا الأوروبية وساحل المحيط الهادي . منذ سنوات شرعت السلطات السوفيتية في استصلاح واستزراع هذا السهل وتعميره ، فأثمرت الجهود ، وتحسنت أحوال الارض وسكانها ، وتفتقت طاقاتها عن امكانات استيعاب هائلة وفرص للسكان .

يلي ذلك من حيث الرحابة قوس سهلي عملاق يتوج هضبة الدكن من الشمال، ويعرف شطره الشرقي الرطب الخصيب بسهول الجانج والبراهما يوترا فيما بين رأس خليج بنغال وأطراف سهل البنجاب بشمال غرب باكستان ، ففيما بين قواعد الهيملايا الشامخة في الشمال ، وأطراف الدكن التلية في الجنوب ، تنفرج أراض سهلية تضم من الهنود ملايين تفوق في عددها أي قسم طبيعي آخر من أقسام هذه البلاد ، الجانب الغربي من هذا القوس السهلي يدعى سهول السند فيما بين البحر العربي وعقدة بامير الجبلية ، شطره الجنوبي صحراء حارة ، والشمالي شبه صحراء أقل قسوة وجدبا ، القسم الشمالي يدعى سهل البنجاب ، يمتزج شرقا بالجانب الشرقي من القوس عبر سهول الجانج ، ويرجع الفضل الى مشروعات الري المتعددة في جلب أعداد متزايدة من سكان الباكستان للاستقرار بهذه السهول .

في الجنوب تمتد أشرطة ساحلية على جانبي شبه الجزيرة ، وهناك الامطار من الوفرة والارض من الخصب بدرجة تسمح بتكاثف السكان على نحو ما يتكاثفون بسهول الجانج ، في الغرب ما بين مياه البحر العربي وجبال الغابات الغربية يعرف القسم الجنوبي من السهل باسم ساحل مالابار

Malabar Coast ، الذي اشتهر بكونه أول بقاع الهند استقبالا للاوروبيين بعد أن نزل المستكشفون البرتغاليون به لأول مرة في أوائل القرن السادس عشر ففتحوا بذلك أولى صفحات السجل الاسود للاستعمار ، أما السهل الساحلي في الشرق ما بين مياه خليج بنغال وجبال الغات الشرقية فأكثر سعة ، ويمتد من أقصى جنوب شبه الجزيرة حتى دلتا الجانج ، ويعرف طرفه الخارجي باسم ساحل كروماندل Coromandel Coast ، الذي كان مسرحا لصراع مرير بين المستعمرين البريطانيين والفرنسيين خلال القرن الثامن عشر في سبيل السيطرة على جنوب الهند .

في جنوب شرق القارة توجد سهول بورما وتايلند وكمبوديا ، وهي اقل سكانا من سهول الهند ، وان لم تكن أقل منها خصبا ، أما القسم الجنوبي الغربي من القارة فتميزه سهول الرافدين مهد حضارة قديمة عريقة ، ويعيب هذه الاراضي طقس حار جاف ، الا أن ما يجلب اليها من ماء خلال مواسم الفيضان يغرق مساحات كبيرة على الجانبين حتى ليركد بعضه في مستنقعات دائمة تميز أهوار جنوب العراق .

سهول منشوريا وشمال الصين تغطي مساحات شاسعة من شرق آسيا ، وتمتد منها أشرطة كممرات عميقة تجاه الغرب ، لكنها لا تصل قلب القارة النائي ، وقد كان الخصب الشديد لتربتها مدعاة لتزاحم أعداد هائلة من البشر فوق أديمها ، أحد هذه السهول ينتظم سلسلة من الاحواض تصل ما بين مصب نهر اليانجتسي واقليم ايشانج (Ichang) في الداخل ، أما سهل الصين الشمالي فيمتد في قوس يطوق تلال شبه جزيرة شانتونج ، وينبسط شمالا حتى قواعد تلال شمال الصين . وتبدأ سهول منشوريا من مياه البحر الاصفر، وتتسع باتجاه الشمال حيث الاراضي العشبية الخصبة التي قدمت في السنوات الاخيرة امكانات طائلة للصين في مجال التعمير والتوسع الزراعي .

٦ ـ استراليا :

نسبة الاراضي السهلية بهذه القارة الجزرية أعلى بكثير من نسبة

الاراضي الهضبية الجبلية ، أكبر هذه السهول يمتد بلا انقطاع فيما بين مياه الخليج الاسترالي العظيم في الجنوب وخليج كربنتاريا في الشمال ، يضاف الى ذلك مساحات لا بأس بها من السهول الساحلية الشريطية على جانبيها الشرقي والغربي، هذه النسبة العالية من الاراضي السهلية ليست كلها بركة ، اذ أنها تشمل فياف صحراوية واسعة تكاد تخلو من السكان ما عدا بضعة آلاف من الاستراليين الأصليين التعساء .

أصناف السهول :

السهول على نوعين رئيسيين : الاول ينشأ نتيجة لعمليات الحت أو التسوية ، فيتخلف السطح عن تمليس كتلة مستوية ، بعد تآكل معظم ما برز من جسمها فوق مستوى البحر ، والنوع الآخر ينتج عن التوضع والارساب .

١ ــ سهول الحت :

ينتشر هذا النوع من السهول في جميع أرجاء المعمورة باستثناء القارة القطبية الجنوبية ، هذه السهول في مجموعها نتيجة فعل الماء الجاري فوق السطح ، أو نتيجة حت أغطية الجليد الزاحفة وألسنته ، أو ترجع لفعل الامواج بالجهات الساحلية . من أمثلة ذلك السهول القطبية بشمال أمريكا الشمالية حول خليج هدسن التي تدنت مستوياتها وتملست أسطحها بسبب العمل المشترك للمياه الجارية والجليد المتحرك ، ففي أول الامر تعرض هذا السطح القديم لعوامل التعرية النهرية ، التي خفضت من سطحه خلال آماد طويلة . تلى ذلك زحف أغطية الجليد العظمى أثناء الأدوار الجليدية بعصر البلايستوسين مما سبب ازالة ما كان يعلوه من رواسب ، وما ان انقشع آخر هذه الاغطية بنهاية عصر البلايستوسين ، حتى بدا السطح الصخري أملس عاريا باستثناء بعض بقاع خفيضة ملأتها الرواسب أثناء عمليات التسوية ، كذلك حفرت بعض ألسنة الجليد الزاحفة خنادق عميقة شغلتها مياه البحيرات بحلول فترة الدفء الراهنة .

مثال آخر سهل الأمزون الفسيح ، فالشطر الغربي من هذا السهل عند قواعد جبال الأنديز عبارة عن سهل حت نشأ بفعل عمليات الازالة بالجملة، لكتلة أرضية كانت في الماضي أعلى منسوبا من السطح الراهن ، كما يدل على ذلك ما يعلو السهل من تلال متفرقة متكافئة المنسوب ، بحيث يمكن رسم خط أفق مستقيم يمر بذراها جميعا ، هذا الخط يمثل بقايا السطح الأصلي القديم للكتلة الارضية التي صيغ منها السهل قبل أن تمزقها المجاري المائية ، وتحمل أنقاضها مع تيارات الماء ، لترسبها في مواضع أخرى نائية ، فوصل الشطر الأعظم منها الى المحيط .

٢ ـ سهول التوضع :

وهي تتراوح كثيرا في أبعادها وأهميتها ، ولكنها جميعا سهول بناء شيدت من الرواسب التي جلبتها عوامل النحت من بقاع بعيدة ، لتضعها فوق أسطح أراض منخفضة ، أو قيعان خلجان أو مياه شاطئية قليلةالعمق، وقد ظلت هذه التوضعات تنمو وترتفع بمناطق ارسابها حتى علتوظهرت كسهول فوق سطح الماء . من أبرز هذه الانواع سهل الصين الشمالي الذي يدين بما يعلوه من رواسب سميكة الى نهر الهوانجهو (النهر الاصفر) ، حيث تتحمل مياهه بكميات وفيرة من الرواسب ، تنحتها من الجبال والتلال الغربية والهضاب الداخلية بالأحباس العليا وعند المنابع ، وتحملها أو تدفعها لتلقي بها في الاراضي المنخفضة تجاه الشرق ، وفي مياه البحر الاصفر الضحلة وخليج بوهاي Po Hai ، وقد تجمعت هذه الرواسب في طبقات على طول الأحقاب الجيولوجية الطويلة ، طبقة فوق أخرى ، مكونة سهلا مستويا اقتطعته من مياه البحر ، وقد ساعدت الرياح الهابة من أواسط القارة الى هذه الجهات في عمليات التشييد بما أضافته الى سطح السهل من غبار ناعم هو ما يعرف بتربة الليس .

من الامثلة الاخرى على هذا النوع من السهول وادي النيل ودلتاه في مصر ، ويتألفان من مواد رسوبية خشنة ملأت قاع خليج مستطيل من البحر

المتوسط في البلايوسين وما تلاه ، ثم عاد النهر وفرشته بطبقات رقيقة من الطمي الناعم مع الفيضان السنوي عاما بعد عام ، نفس القصة تكررت بالنسبة لأرض الرافدين ودلتا نهر ايراوادي وسهل الكلورادو ودلتاه .

ثمة أصناف أخرى من سهول الارساب الجليدي والسواحل الناهضة ، فالأراضي السهلية الى الجنوب من البحيرات العظمى بالولايات المتحدة ترجع الى توضع ارسابات هائلة من الركامات التي جلبتها ألسنة الجليد وغطاءاته من الشمال ، وتتألف أسطحها من الجلاميد والحصى والرمال والطين في خليط غير متجانس ، وقد طمرت هذه الارسابات السطح بأكمله فأضاعت ما كان به من ملامح بارزة أو غائرة من قبل ، وأقامت فوقها أشرطة من الأسطح الطينية والتلال الحصوية التي تتناوب في أشرطة متعرجة . مثال على السواحل الناهضة السهل الممتد على طول ساحل الأطلنطي بالولايات المتحدة ، وهو يتكون من رواسب حملتها الانهار من اليابس وألقت بها في المياه القليلة الغور ، حيث قامت الامواج والتيارات البحرية بفرشها على مساحة واسعة من القاع ، بعد ذلك تعرض القاع للنهوض فانحسرت المياه عن جانبه الساحلي ، وبرز قسم من السطح الرسوبي المستوي كأرض جافة ، أضيفت الى جسم القارة ، وامتدت بها مصبات الانهار التي كانت تجري باليابس القديم من قبل .

ثانياً ـ الأراضي الجبلية

تغطي الجبال مساحات كبيرة من سطح اليابس ، ولكن مع هذا قد لا يشعر الكثيرون بوجودها ، ذلك لان معظم سكان العالم يقطنون ما سهل من الارض ، ويتركون ما غلظ منها وتضرس لفئات قليلة متناثرة ، وجماعات قديمة منعزلة ، ولا يعرف على وجه التحديد نسبة مساحة الاراضي الجبلية حول العالم ، ولكن بتفحص خريطة تفصيلية لوجه الارض يمكن القول تخمينا بأن سعة الاراضي الجبلية تفوق عشر المساحة الكلية للقارات ، فعلى سبيل المثال نجد قارة كآسيا رغم تمتعها بسهول

فسيحة وهضاب رحبة ، الا أنها تشتمل على مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة من أراض جبلية تناهز المساحة الكلية لقارة كأوربا . بيد أنه من ناحية أخرى تفتقر بعض القارات ــ خاصة استراليا ــ لسلاسل الجبال الحقيقية ما عدا رقعة محدودة في جنوبها الشرقي ، وفوق ذلك توجد ملايين أخرى من الكيلومترات المربعة غارقة تحت مياه المحيط ، تعلوها جبال شم، قد تبدو بعض ذراها كجزر فوق اللجة .

لتعريف الجبال يمكن القول بأنها تلك الاراضي المرتفعة التي تعلوها قمم عديدة واضحة محدودة المعالم ، تشمخ فوق منحدرات وعرة متضرسة، وتميز عن التلال بفارق المنسوب بين الذرى والقواعد أو ما يعبر عنه بالتضرس الموضعي Local relief ، فاذا كان الفارق في حدود مئات الامتار اعتبرت المرتفعات تلالا ، واذا تجاوز الفرق ذلك فقدر بآلاف الامتار عدت جبالا ، فالاختلاف بين التلال والجبال ليس في النوعية أو الشكل أو المظهر العــام بل في الكم ، أي الحجم ، خاصة بعــده الثالث ونعني الارتفاع . ولذا فان كثيرا من الجبال تنتهي عند حضيضها بمجموعات من التلال أصغر حجما وأدنى منسوبا ، وقد يبلغ مدى التضرس الموضعي بالاراضي الجبلية الكبرى ثلاثة أو حتى أربعة آلاف متر ، ولا يزيد على ذلك الا في أحوال نادرة ، والمعدل الدارج فعلا هو في حدود ١٠٠٠ أو ١٢٠٠ متر فقط .

اذا كانت الجبال تصور في الاذهان كأراض شديدة الوعورة لجروفها شبه القائمة ، أو حتى المعلقة أحيانــا ، فانه قلما نجد مثالا حقيقيا من الوعورة بالدرجة التي يتخيلها الانسان للوهلة الاولى ، فمعدل انحدار معظم جوانب المجموعات الجبلية الكبرى لا يتجاوز ٢٠° أو ٢٥° عن المستوى الافقي ، وقليل منها يصل ميل أسطحه ٣٥° ولا يزيد عن ذلك الا عند بعض القمم ، فالجروف القائمة مبالغة من نسج الخيال ، وكثير منها لا يتعدى ميله في الواقع ٧٠° ، وبذا يمكن تسلقه ، أو على الاقل ذلك في مقــدور الحيوانات التي ترتاده وتسكنه .

هناك بعض مصطلحات خاصة بمسميات الاراضي الجبلية ، منها لفظ سلسلة range الذي يطلق على النمط الشريطي الممدود من الحافات والقمم الجبلية ، التي تتخللها وديان الانهار ، والسلسلة الواحدة غالبا ما تشترك أجزاؤها في خصائص موحدة من حيث ظروف البناء والتركيب الجيولوجي والعمر ، من ذلك سلاسل جبال لبنان . أما المجموعات الجبلية groups فهي قد تشمل جمهرة من السلاسل القصيرة التي تتجمع حول نواة على شكل عقدة شبه دائرية، أو كتلة متشعبة عنها كالبامير ،والنظم الجبلية systems لها مدلول أوسع ، اذ تشمل عددا من السلاسل أو المجموعات تترابط بحكم الموقع أي تتجاور وتتماثل شكلا وبناء ، ولكن تفرق بينها الاحواض كجبال الروكي ، وأخيرا لفظ كورديرا Cordillera ويعني أحد النظم الجبلية العظمى كالأنديز .

المجموعات الجبلية العظمى :

١ ـ حلقة المحيط الهادي :

تطوق حوض المحيط الهادي أراض جبلية في شبه حلقة تعد من أبرز ملامح التضرس على وجه الارض ، فابتداء من أقصى الجنوب بالقارة القطبية ، تظهر سلاسل جبال غارقة تحت أثقال من الجليد الدائم تطمرها، ولكنها تستمر شمالا بعد فجوة في المحيط فتبدو شامخة فوق الماء بجزيرة تيرادلويجو بالطرف القصي لقارة أمريكا الجنوبية ، وبعد عبور مضيق ماجلان يشاهد حاجز الأنديز وقد امتد شمالا باصرار واستمرار على الجانب الغربي من تلك القارة ، حتى البحر الكاريبي ، مشكلا بذلك أطول النظم الجبلية قاطبة ، وأكثرها اتصالا ، اذ يكاد يخلو كلية من أية ممرات منخفضة ، فالأنديز بذلك عقبة طبيعية منيعة تحول دون عبور القارة عرضا الا بصعوبة كبيرة حتى على الطائرات ، وتحجز ما بين السهول الساحلية الغربية ، وبين بقية بقاع شرق القارة ، ولولا وجود بعض المنخفضات الحوضية المتناثرة في أحضان هذه الجبال ، لخلت سلاسلها الممدودة من السكان ، ولاقتصر العمران بها على قواعدها الخفيضة .

من أمريكا الجنوبية يستمر العمود الفقري للجبال في جمهوريات أمريكا الوسطى ، ولكن لحسن الحظ تتخلل الجبال هنا فجوات من رقاع سهلية وتلال وطيئة بكل من باناما ونيكاراجوا ومضيق تهوانتبك Tehuantepec بالمكسيك ، لهذا فأثر هذه السلاسل كحاجز أقل منعة بكثير من كورديرا الأنديز ، وهنا أيضا يوجد العديد من الاحواض في كنف الجبال ، وهي تأهل بسكانها ، لا بسبب استواء أسطحها وتربتها فحسب ، بل بفضل ملاءمة طقسها حرارة ورطوبة ، بالقياس الى المنخفضات الساحلية الخانقة بحرارتها ورطوبة هوائها العالية على مدار السنة بتلك البيئة المدارية .

شمال غرب المضيق السابق ذكره تتشعب الجبال الى سلسلتين ينفرجان عن هضبة المكسيك في الوسط ، تعرفان بالسيرامادري Sierra madre الشرقية في الشرق والغربية في الغرب ، ونظرا لان الهضبة الوسطى بأحواضها تمثل مركز الثقل السكاني ، ومقرا للحكومة المكسيكية ، فان هذين الحاجزين يعوقان الاتصال بالسهل بينها وبين العالم الخارجي .

بعد انقطاع قليل في الشمال ، تعود الاراضي الجبلية للظهور ممثلة في جبال روكي في داخل غرب قارة أمريكا الشمالية ، ثم تجاه سواحل المحيط تمتد جبال السيرانفادا وكسكيد والسلاسل الساحلية التي تطل على مياه المحيط مباشرة ، وجبال روكي أقل منعة من الواجهة الشرقية للسيرانفادا ، كما تتخللها الكثير من الأودية والمنخفضات المأهولة ، في حين تعبرها شرايين المواصلات في سهولة نسبية . الى الشمال من ذلك تمتد جبال روكي الكندية ، والسلاسل الساحلية لكولومبيا البريطانية حتى جنوب شرق آلاسكا ، حيث تمتزج السلاسل الساحلية مع قوس الجبال بشبه الجزيرة ، التي يشمخ أحد ذراها جبل مكنلي Mckinely الى منسوب يزيد على ستة آلاف متر ، وفضلا عن كون هذه الجبال عقبة في سبيل الاتصال بين داخل آلاسكا وبين الموانى الساحلية ، فانها تحجب المؤثرات البحرية الملطفة عن الجهات الداخلية ، فتزداد قسوة مناخها وتطرفه ، وأخيرا يدق الطرف الغربي لهذه الجبال في شبه جزيرة مستطيلة تغرق غربا تحت الماء ،

لتعود فتبرز في قوس متقطع تمثله مجموعة جزر الآلوشي .

الجانب الشرقي من الحلقة الجبلية حول الباسفيك أقل ارتفاعا واستمرارا ، ويبدأ هذا الجانب بجبال شبه جزيرة كامتشكا فجزر اليابان وتايوان والفلبين وغينيا الجديدة ، حيث تمثل الجبال الأعمدة الفقرية لهذه الجزر ، الى الجنوب من ذلك تبدو مرتفعات شرق استراليا ، وجزيرة تي نيوزيلند ، التي تنتهي مرة أخرى صوب مرتفعات انتارتيكا .

٢ ـ عقدة اليامير وتشعباتها :

يطلق على هذه العقدة اسم سقف الدنيا ، وتقع فيما بين باكستان وقرب الحدود الروسية والأفغانية والصينية ، وتنبعث عنها ثلاثة أذرع عملاقة تمتد آلاف الكيلومترات على وجه الارض ، أحدها يتخذ اتجاها شماليا بشرق عبر قلب القارة الآسيوية حتى يبلغ أقصى أطراف سيبيريا على الباسيفيك ، ويضم هذا الذراع مجموعات جبلية شهيرة مثل تين شان Tien Shan وألتاي Altais والسايان Sayan ويابلونوي Yoblonoiy واستانوفوي Stanovois ، وهكذا فابتداء من البامير تمتد الذرى الجبلية في صفوف متراصة خلال القارة لمسافة تقرب من ثمانية آلاف كيلومتر وان تخللها العديد من الفجوات بين كل مجموعة وأخرى ، اتخذت منها قوافل التجارة ممرات وارتادها الغزاة على مر التاريخ ، وحتى اليوم ينفذ خط سكة حديد سيبيريا الشهير من فجوة في جنوب شرق بحيرة بيكال ويواصل مسيره شرقا طلبا لساحل المحيط . ومن البديهي أن تنعكس آثار العزلة التي فرضها هذا الطوق الجبلي على قلب آسيا في عدة أوجه ، كبعد الشقة ، وقلة الماء ، وجنوح قبائل الرعاة الى الاستقلال والعدوان .

أما الذراع الثاني فأعتى وأشد تعقيدا ، وان كان أقل طولا ، فهو ينبعث من سقف البامير في اتجاه جنوبي شرقي مشتملا على أعلى جبال الارض قاطبة من بينها الكاراكورم Karakoram وكونلن Kunlun وأشهرها الهيمالايا وغيرها من الجبال التي تنتشر شرقا حتى أطراف التلال

الداخلية لبلاد الصين . وخـلال ٣٠٠ كيلومتر تتوالى الذرى الشاهقة كالبنيان المرصوص ، على مناسيب تتراوح بين ٦٥٠٠ متر ونحو ٩٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، تفصلهـا هوات رغم سحقها عالية فلا تسمح بوجود ممرات هينة على طول المسافة ما بين الصين وبامير ، لهذا تنفصل شبه القارة الهندية في الجنوب عن داخل آسيا في الشمال ، وكان كلا منهما عالم قائم بذاته . وأسوأ من ذلك دور الجبال في حجب الموسميات الرطبة عن الداخل مما سبب موات قلب القارة ، فالى الشمال من هذا الذراع الجبلي تسود الصحارى وأشباهها. والى الشرق والجنوب الشرقي تمتد تتمة هذه الجبال أيضا ولكنهـا أكثر تواضعا في بورما والملايو وسومطره وجاوه حيث تشكل بالنسبة لها ما يشبه الاعمدة الفقرية في الوسط .

الذراع الثالث ينبعث خارجا من البامير جهة الغرب ، ليبلغ الاراضي الروسيـة والتركية ، ويؤدي دور الفصل بـين الاراضي الروسية في التركستان وجنوب شرق روسيا ، وبين ايران ، وبين هذه وبين الاراضي العراقية ، وتشتمل الجبال على العديد من السلاسل بينها الهندوكوش Hindu Kush والبرز Elburz والقوقاز وزاجروس التي تتصل بمرتفعات شرق الاناضول ، الى الغرب من الاناضول يتمم هذا الذراع مجموعة جبال جنوب أوروبا بما فيها البلقان والكربات والألب الدينارية والألب والأبنين والبرانس، ويلحق بها جبال الاطلس بشمال غرب قارة أفريقيا، كثير من هذه الجبال في أوروبا خاصة الكربات والألب ، تتخللها أودية على مناسيب خفيضة ومتوسطة ، تموج بالعمران وترتبط وثيقا بالجهات السهلية المجاورة عبر ممرات عديـدة ميسرة ، وعبر خطوط القـوى الكهربائية والطرق التي عليها يتنقل السياح والمتاجر من أخشاب وخامات معدنية .

٣ ـ بعض الرقاع الجبلية الاخرى :

بالاضافة الى المجموعات السابقة ، توجد أراض جبلية أخرى متناثرة

في أرجاء العالم ، منها بعض جهات الأبلاش بشرق الولايات المتحدة ، والطرف الشمالي لشبه جزيرة لبرادور ، والقسم المجاور من غرب جرينلند . وفي جنوب شرق جزيرة كوبا وغرب هايتي ، توجد أراض جبلية متواضعة ، كما تظهر بقارة أمريكا الجنوبية مرتفعات بالاراضي الغيانية ، وشرق البرازيل . وفي أوروبا جبال النرويج ومرتفعات أيسلند . أما افريقيا ، فتفتقر كثيرا للجبال بالمعنى الصحيح ، فبالاضافة الى جبال أطلس السابق ذكرها ، توجد مرتفعات اثيوبيا ، وبعض أعلام منفردة في وسط شرق القارة الاستوائي ، فضلا عن كتلة وسط الصحراء الكبرى ، وجبال أقصى جنوب القارة . أقل من ذلك خطا قارة استراليا التي تبرز بعض أطرافها الجنوبية الشرقية كجبال قليلة الارتفاع محدودة المساحة .

أصناف الجبال :

تنسب أصناف الجبال الى أصولها أو عوامل نشأتها ، كأن يقال جبال الطي أو جبال التصدع أو التقبب أو الجبال البركانية ، وقد سبق معالجة هذه الامور بشيء من التفصيل عند مناقشة حركات الباطن الارضي ، ولكن ما تجدر الاشارة اليه هنا هو أن الكثير من الجبال قد أسهم في خلقها أكثر من نوع واحد من هذه الحركات ، فجبال الطي دائما تشتمل على صدوع وكتل صدعية كالحال في الألب ، كما أن الجبال الصدعية غالبا ما يصحبها طي كالحال في السيرانفادا ، وفي هذه وتلك قد تتناثر طفوح اللابة التي تصحب النشاط الارضي فتندس بينها كتل بركانية ، أو قد تعلوها مخاريط كأعلام بارزة من أشهرها قمة أرارات على عقدة الحدود التركية الروسية الايرانية ، فالتصنيف على أساس النشأة تبسيط للصورة ، وتأكيد لأطول الحركات باعا في بروز صنف أو آخر ، بمعنى أن كل صنف يعين باعتبار غلبة نوع من الحركات على ما عداه .

ولكي تستكمل الصورة ينبغي ملاحظة أن كافة تفاصيل معالم

التضرس والتمزق هي من صنع عوامل خارجيه تقوم على هدم ما شيدته حركات جوف الارض ، فالوديان العميقة حفرتها مجار مائية ، أو قدّتها ألسنة الجليد الهابطة على الجوانب العليا للمرتفعات ، والقمم المدببة تتآكل وتهن صخورها بفعل عناصر الجو ، فتخضع كتلتها المتداعية لقوى الجاذبية الارضية فتنهار وتهوي الى الحضيض ، والاحواض عند أقدام السلاسل تتلقى الأنقاض المنتزعة من أجسام الجبال فتنظم قيعانها وتعلو باستمرار ، وما لم تعد حركات الباطن البناء برفع ما هدمته العوامل الخارجية فان مصير أعتى الجبال الى زوال، حيث تتحول مع مرور الأزمان الجيولوجية الى مجرد تلال أو سهول متماوجة ، تتناثر فوقها بقايا الجبال كالأعلام ، لهذا كانت أقدم الجبال أدناها منسوبا كالكاليدونيات بشمال اسكتلند والنرويج ،والفارسكيات بوسط أوروبا والأبلاش ، أما أحدث الجبال فأعلاها كالهيمالايا والألب .

ثالثاً ـ الهضاب

تجمع الهضاب بين بعض خصائص السهول والجبال ، وتناقضهما تماما في بعضها الآخر ، فالهضاب شبيهة بالسهول في استواء أسقفها ، وبالجبال في ارتفاع مناسيب بعض أنواعها ، ولكن تختلف الهضاب عن السهول في اشتمالها على بعض معالم التضرس التي تعلو أسطحها ، فضلا عن الجروف التي تنتصب بعنف عند حوافها بشكل قد يفوق درجات الميل التي ذكرناها بخصوص الجبال ، بينما تفترق الهضاب عن الجبال في تواضع معدلات تضرسها المحلي التي تتراوح بين بضع مئات من الامتار ، وقلما ترقى الى الآلاف ، الا في حالة تمزق بعض الهضاب بخوانق نهرية كبرى كالحال في خانق الكولورادو العظيم .

قد يرجع استواء أسقف الهضاب الى الوضع الأفقي لطبقات الصخور المشكلة لها ، أو لوجود تكوينات بازلتية أغرقت السطح فملأت فجواته وسوّته، لكن أهم من ذلك قلة تقطع السطح بالمجاري المائية، اما لحداثته، أو لجفاف المناخ ، وعجز الروافد النهرية عن التوغل بعيدا في أراضي

الهضاب تبعا لذلك ، ويقتصر الامر في بعض الاحيان على أودية أنهار دخيلة تضرب بمنابعها في جهات رطبة ، وتخترق بعد ذلك أراضي الهضاب الجافة ، وأمثلة ذلك نهر النيل والكولورادو ، وفيما بين أودية مثل هذه المجاري فان الكثير من الهضاب تتوج أسطحها تكوينات صخرية شديدة المقاومة لعمليات الحت ، أو عظيمة الانفاذ وفيرة المسام كالرمال والحصى الذي يساعد على تسريب الماء واضاعته قبل أن يحفر في السطح مجار أو جداول تقطعه وتضرسه .

تتباين الاشكال الارضية بأسطح الهضاب تبعا لتباين عوامل التشكيل ، فبعضها تغطيه طبقات من الرواسب الفيضية أو الجليدية ، أو تنتشر فوقه سهول تسوية نهرية ، وبعضها الآخر قسمته عوامل مختلفة الى عدد من الأسطح المتفاوتة المناسيب ، يفصل بين الواحد والآخر جروف وعرة ، كما قد يعلو البعض أشكال بركانية . وتتميز حواف الهضاب بالوضوح والوعورة لانها في كثير من الحالات تتبع جروفا صدعية ، أو جوانب خوانق حتية عميقة ، ومع مرور الزمن تنهار هذه الحواف فتتراجع الجروف من عدة اتجاهات بواجهات متوازية في المراحل المتتالية ، مما يسبب تضاؤل مساحات الأسطح العليا للهضاب .

التوزيع الجغرافي :

تتوزع الهضاب على سائر القارات ، ولكنها قد تتناثر وتتباعد في بعضها ، كالحال في الهضاب الاوروبية ، وقد تتقارب وتتلاحم في بعضها الآخر على نحو ما هو كائن بالقارة الافريقية .

١ ـ افريقيا :

تمثل هذه القارة طولا وعرضا هضبة عملاقة واحدة تتخللها بعض فجوات ممثلة في قليل من السهول الكبرى ، وعدد أكبر من السهول الصغرى ومساحات أوسع من أراضي التلال ، ولكن نسبة مساحة أراضي الهضاب وحدها تفوق مساحة جميع الاشكال الارضية الاخرى على وجه

القارة ، وتتباين الهضاب الافريقية في مظهرها العام تباينا شديدا ، ينافي الفكرة التي يلمسها المتفحص لخريطة التضاريس من النظرة الاولى ، فمن الهضاب الافريقية ما هو حار جاف قحل تلعب الرياح العاتية برماله ، ومنها ما يتمتع بأمطار دائمة وحرارة رتيبة في نطاق الغابات الاستوائية ، ومنها ما هو بين هذا وذاك ، يصيبه المطر في الصيف ، ويسوده الجفاف شتاء ، ولذا فنباته من نوع السهوب العشبية ، تتحول تجاه الاطراف الى أعشاب شبه جافة كانتقال لظروف الصحراء بعد ذلك .

كذلك يتفاوت المنسوب بين الهضاب ، فبعضها لا يعلو سوى بضع مئات من الامتار فوق سطح البحر ، كهضاب حواف حوض الكنغو ومعظم الصحراء الكبرى ، في حين قد يعلو بعضها آلاف الامتار كالحال في أراضي تنجانيقا الشاهقة ، وتتمتع هضاب وسط القارة برطوبة وفيرة ، ينعكس أثرها على الغطاء النباتي الكثيف بحواف الكنغو ، أما هضبة البحيرات فالحشائش الطويلة طابعها العام ، حيث توجد أعظم حدائق الحيوان بالعالم بتلك السافانا . وفي جنوب أفريقيـا تنتصب الهضاب عبر عدد من الوحدات السياسية من زامبيا الى روديسيا ، ومعظم اتحاد جنوب أفريقيا ، وناميبيا (جنوب غرب أفريقيا) ، وهي هضاب عالية معقل للحشائش تقع بجهات مدارية وشبه مدارية ، فيها فرص طيبة للاعمار والتنمية ، فالارتفاع يلطف من الحرارة ويقلل من فرص الجفاف وبالتالي فالطقس صحي ، والظروف ملائمة للنشاط .

٢ ــ الهضاب الأوروبية :

على النقيض من قارة أفريقيا الهضبية نجد أوروبا قليلة الهضاب ، وان وجدت فمساحاتها محدودة ، أكبرها هضبة الميزيتا meseta الاسبانيـة التي تشغل قلب شبه جزيرة أيبيريا ، وتطوق التـلال معظم حواشيها ، وتحدها الجبال من الشمال والشمال الغربي ، أطراف الهضبة رطبة ، أما الداخل فشبه قاري معزول عن المؤثرات المحيطية من الاطلنطي والبحرية من البحر المتوسط .

فيما عدا ذلك توجد هضاب صغيرة بغرب ألمانيا وشرق فرنسا وجزء من شرق بلجيكا ، أما كل من هضبتي فرنسا الوسطى وبوهيميا فهما من التمزق وعدم استواء السطح بشكل يدعو ادخالهما ضمن أراضي التلال .

٣ ـ الهضاب الآسيوية :

يشتمل جنوب غرب آسيا على ثلاث هضاب شهيرة تشغل أكبرها القسم الأدنى من شبه الجزيرة العربية الصخرية الرملية الجافة ، هذه الهضبة تنحدر من جبال الحجاز على البحر الاحمر تجاه الشرق والشمال الشرقي نحو الخليج العربي وسهول العراق ، يلي ذلك من حيث السعة هضبة ايران التي تطوقها الجبال من جميع جهاتها ، وتمتد من ايران الى الأفغان وباكستان ، وهي برية قارية منعزلة . شبه جزيرة الأناضول هي ثالثة هذه الهضاب ، وهي شبه جافة في قسمها الاوسط ، ولكن حواشيهـا من الرطوبة بدرجة تجعلها أفضل هضاب جنوبغرب القارة من حيثالامكانات والاتصال بالعالم الخارجي عبر المضائق التركية والبحر الاسود وبحر ايجه ، أما من جهة الجنوب والشرق فتحد الاراضي الجبلية الوعرة كثيرا من هذه الامكانات .

أجزاء واسعة من قلب آسيا هضاب جافة وشبه جافة تعزلها الحواشي الجبلية والاراضي الوعرة مما يحد من قدراتها ، وتمتد الهضاب منقاعدة عقدة بامير نحو الشرق حتى الانحناءة الكبرى لنهر الهوانجهو والحدود الغربية لمنشوريا، وهي مسافة تعادل مابين مدينة نيويورك ولوسانجلوس عبر أعرض بقاع أمريكا الشمالية، وتشتمل هذه الرقعة علىحوض تاريم أو صحراء تكلاماكان Takla Makan وصحراء جوبي ، الى الجنوب من حوض تاريم تقع أعلى هضاب العالم بالتبت وتنقسم فعلا الى العديد من الهضاب على مستويات تتراوح بين ٣٠٠٠ ، ٤٥٠٠ متر في حين تعلو أطواقها الجبلية مثل ذلك القدر فوق منسوب الهضاب ذاتها . على هذه المناسيب تتدنى درجات الحرارة كثيرا مقرونة بالجفاف الشديد ، مما يجعلها بحق صحار متجمدة ، لا تختلف كثيرا عن الاراضي القطبية .

بقية هضاب القارة صغيرة المساحة ، منها الجزء الشمالي الغربي من شبه جزيرة الدكن الرطبة الخصيبة التربة المتكاثفة السكان ، ومنها أيضا هضبة يونان الصينية وهي برغم رطوبتها الا أنها أكثر ارتفاعا وعزلة .

٤ ــ الهضاب الأمريكية :

تشتمل الأمريكتان على نماذج طيبة من الهضـــاب ، بعضها يقترن ويمتزج بالاراضي الجبلية كالحال في الهضاب الآسيوية ، وبعضها الآخر يحتل رقاع خالصة له على غرار هضاب أفريقيا وأستراليا ، وتوجد أكبر هضاب أمريكا الجنوبية بالبرازيل والارجنتين ، فبالبرازيل تمتد الهضاب من الحوض الأدنى للأمزون حتى الحدود الجنوبية للبرازيل ، وتستمر حتى أواسط أوروجواي ، فغالبية نصف المساحة المثلثة مما يطلق عليه عادة اسم مرتفعات البرازيل هو في الحقيقة هضاب ترتفع من الشمال والغرب تجاه الجنوب والشرق ، ولهذه الحقيقة أهميتها في الاستيطان حيث يتخلخل السكان كثيرا بالجهات المنخفضة السطح المرتفعة الحرارة المتكاثفة الأدغال والحشائش من طراز السافانا ، أما الى الجنوب فيتبع الارتفاع تغير ملموس في النمطين المناخي والنباتي ، اذ تتحول الانواع السابقة الى غابات شوكية ، وأخيرا تظهر حشائش الاستبس والاشجار الصنوبرية ، وتصبح الظروف ملائمة لتكاثف السكان .

بالارجنتين تمثل هضبة بتاجونيا نموذجا لهذا النوع من التضاريس ، وتمتد فيما بين حائط الانديز في الغرب ومياه الاطلنطي في الشرق ، وهي في مجموعها صحراء باردة عاصفة الرياح قليلة القيمة . أما بقية هضاب أمريكا الجنوبية فتقع في أحضان جبال الأنديز ، وهي في المعتاد صغيرة الرقع ، وتكثر فيما بين وسط كولومبيا وشمال تشيلي والارجنتـــين . أكبرها وأعلاها هضبة بوليفيا وهي جافة في شطرها الأعظم ، ولكن مع هذا فقد كانت الهضاب الاستوائية بالأنديز مقرا لجماعات هندية أقامت دعائم حضارة زراعية راقية ، في ظل ظروف أكثر ملاءمة من الاراضي السهلية المنخفضة في الشرق والغرب بنفس العروض فيما وراء قواعد

الأنديز ، وحين وفد الاسبان على هذه الجهات اتخذوا من الهضاب المأهولة بالهنود مراكز للحكم والادارة ، نمت وتطورت مع الزمن ، لتصبح مدنا عامرة ، والواقع أن خريطة توزيع السكان تتفق في حدود بقاعها المتكاثفة مع التوزيع الجغرافي لهضاب الأنديز .

أما أمريكا الشمالية فان أعظم هضابها تمتد من مدينة المكسيك جنوبا حتى الحدود الكندية الامريكية في الشمال مسافة ٣٢٠٠ كيلومتر وان انقطع هذا الامتداد ببروز العديد من السلاسل الجبلية الصغيرة ، كما يعترض استمرارها عدد من الخوانق النهرية السحيقة ، هذه الهضاب الهائلة شبه صحراء مترامية ، تتخللها بقاع من صحار حقيقية . في الجنوب تقفل هضبة المكسيك جبال من الشرق والغرب والجنوب ، أما في الولايات المتحدة فتحدق بالهضاب الامريكية جبال من الشمال والغرب ، والى حد ما من الشرق، وقد ظلت معظم الهضاب الامريكية مناطق عبور لا استقرار بسبب قلة خيراتها ، ويطلق على أجزائها مسميات محلية مختلفة كهضبة كولمبيا في الشمال ، والى الجنوب منها هضاب الحوض العظيم ، والى الشرق هضبة كولورادو .

الى الشمال وفي داخل الاراضي الكندية ، تقع الهضاب فيما بين السلاسل الساحلية وجبال روكي ، وتنقسم الى ثلاثة أجزاء رئيسية ، الجنوبية منها يصفيها الحوض الاوسط من نهر فريز Fraser والوسطى يصفيها الحوض الأعلى لنفس النهر والحوض الاوسط لنهر سكينا Skeena أما الجزء الشمالي فيقع ضمن حدود حوض نهر يوكن Yukon . ونظرا لمناعة الجبال فان تلك الهضاب تقع في شبه عزلة تامة ، ولذا فالمعروف عن طبيعتها قليل لدرجة أن الكثير عن جغرافيتها ما زالت أمورا مجهولة ، والقليل مما يتداول عنها من معلومات مصدره قصص الرحالة والصيادين وبعض تقارير حكومية متناثرة .

٥ ـ الهضاب الاسترالية :

معظم قارة استراليا هضبة ، ومعظم الهضبة اقليم صحراوي حار ،

يمتد فيما وراء ساحل المحيط الهندي حتى الوسط الجغرافي للقارة ، ومن الخليج الاسترالي العظيم حتى قرب السواحل الشمالية .

٦ ـ الهضاب القطبية :

معظم جرينلند وقارة انتارتيكا هضاب جليدية الأسطح ، فالجليد في جرينلند من السمك بدرجة أنه يطمر جميع معالم السطح من منخفضات وهضاب وجبال على حد سواء ، ويبلغ الجليد أقصى سمك له في الداخل وينحدر سطحه بلطف تجاه الاطراف حيث يطل بجروف وعرة على مياه البحر ، أو أطراف الارض اليابسة في بعض الجهات الخالية من الجليد . نفس الشيء يقال أيضا عن القارة القطبية الجنوبية ، غير أن بعض سلاسل الجبال بها تبرز فوق غطاء الجليد ، وتعطي السطح المستوي بعض ملامح التضرس ، التي تكسر من حدته .

أصناف الهضاب :

تصنف الهضاب على أساس من الموقع الجغرافي أو التركيب البنائي أو التطور الفزيوغرافي على النحو التالي :

١ ـ الموقع الجغرافي :

بخصوص الموقع الجغرافي والأبعاد والعلاقات المكانية بالظاهرات التضريسية المجاورة ، تصنف الهضاب الى أنواع ثلاثة ، هي الهضاب الجبلية الحواشي inter mont أو inter mountain ، وهضاب قواعد الجبال piedmont ،والهضاب القارية continental . النوع الاول تحتضنه الجبال ومنه هضبة بوليفيا فيما بين سلاسل الأنديز الشرقية والغربية ، ووسط المكسيك بين السيرامادري ، والى حد ما هضبة ايران . أما النوع الثاني فيقع عند حضيض الجبال العالية مثل هضبة يونان ، عند أقدام جبال جنوب الصين ، ومثل هضبة تمتد شرق قواعد الانديز في جنوب كولمبيا . وأخيرا النوع القاري ويتميز برحابته ، وانتشار بعض الاراضي الجبلية

فوقه ، من ذلك هضاب جنوب أفريقيا وشمالها ، ومرتفعات البرازيل ، وشبه جزيرة العرب . يلاحظ أن مثل هذا التصنيف على أساس الموقع ليس مانعا ، اذ يمكن أن تنتمي بعض الهضاب لأكثر من صنف واحد ، فهضاب غرب الولايات المتحدة يمكن أن تدخل ضمن النوع الجبلي الحواشي لوقوعها بين جبال روكي في الشرق ، ومجموعات جبلية أخرى في الغرب ، ولكن من ناحية أخرى فانها يمكن أن تنتمي للنوع الثاني حيث أن معظم أطرافها تمثل قواعد الجبال المشرفة عليها ، ثم أخيرا فانها بسبب تراميها فوق مساحات شاسعة من القارة قد تعتبر نموذجا للهضاب القارية .

٢ ـ التركيب البنائي :

الهضاب على هذا الاساس أصناف ثلاثة : الاول ما استقامت طبقاته فبدت في وضع أفقي أو أقرب ما يمكن لذلك ، أمثلتها هضبة كولورادو وشبه الجزيرة العربيــة ، وان تعرضت الاخيرة لبعض اضطراب عنــد الهوامش ، والصنف الثاني هضاب تشوهت طبقاتها فانطوت وتآكلت أطرافها ، فسويت ، ومنها هضبة آردن Ardennes في جنوب شرق بلجيكا ، وهضاب شرق وغرب الاردن، وهي كما نرى تقع على أطراف شبه الجزيرة العربية . أما النوع الاخير فهو هضاب التراكم نسبة الى خروج طفوح اللابة من شقوق أرضية، وتراكمها في طبقات أفقية مستوية، غطت الاشكال البنيوية والحتية تحتها ، من أمثلتها هضبة كولمبيا الامريكية ، وهضبة بارانا في جنوب البرازيل ، وهضبة حرران السورية .

٣ ـ الهضاب المزقة : Dissected :

هناك بقاع ناهضة من سطح الارض على شكل هضاب تعرضت أزمانا طويلة لعمليات النحت والتعرية ، مزقت أوصالها ، وخرشت من أسطحها بشكل يخرجها عن المفهوم العام للهضاب المائدية الشكل المنتظمة الأسطح ، فالخوانق والوديان السحيقة قد صاغت منها منحدرات وعرة ، تقسمها الى حافات من التلال العالية ، أو حتى قد تعطيها مظهر الجبال المتسطحة القمم

اذا ارتفعت معدلات التضرس الموضعية . من ذلك هضبة أليجيني Allegheny غرب مرتفعات الأبلاش الامريكية ، وحواف الهضاب الاردنية المطلة على غور الاردن والبحر الميت من الجانبين .

رابعاً ــ التــلال

التلال أكثر الاشكال الارضية شيوعــا ، اذ أن ما ليس بالسهول أو الهضاب أو الجبال هو بالضرورة من قبيل أراضي التلال ، والتلال اذ تشبه الجبال في مظهرها العام ، فانها أقل ارتفاعا ، وان كان بعضها ليس بأقل من أراضي الجبال وعورة وتمزقا وصعوبة عند العبور ، كما أن هناك صلة بين الهضاب الممزقة وبين التلال ، فكلاهما أراض متضرسة منحدرة الجوانب وان تواضعت المناسيب ، كذلك فالصلة وثيقة بين التلال وغيرها من الاشكال لارضية من ناحية المكان ، فقد توجد مجموعات التلال عند قواعد الجبال الشاهقة ، أو فوق أسطح الهضاب ، أو قد تتناثر أسرابها فوق أوجه الاراضي السهلية الفسيحة .

التوزيع الجغرافي :

١ ــ الأمريكتان :

تنتشر معظــم أراضي التلال بكل من أمريكا الشمالية والجنوبيــة بالجهات الشرقية، وان لم تخل منها الحوافالغربية ، وبعض بقاع الداخل من كلتا القارتين . ففي أمريكا الشمالية تغطي التلال الشطر الشمالي الشرقي من القارة مشتملة كل شبه جزيرة لبرادور وممتدة حتى شمال وشرق اقليم البحيرات العظمى ، ثم الى الجنوب من مصب سانت لورنس تنتشر التلال مرة أخرى عبر نيوبرنزويك وولايات نيوانجلند ، ملتحمة بمرتفعــات الأبلاش التي تغطي غالبية الولايات الشرقية المطلــة على الأطلنطي ، وقد وقفت هذه التلال حجر عثرة في وقت ما أمام المستوطنين الذين وفدوا من أوروبا ووطئت أقدامهم أرض القارة لأول مرة على

سواحلها الشرقية ، فكان ولوجهم داخل القارة يتم عبر ممرات معدودة في هذه التلال ، شقتها أودية أنهار أهمها سانت لورنس وهدسن والأوهايو ، ومما يلاحظ أن معظم أراضي التلال هنا شديدة التمزق ، وبعضها يتمتع بمعدلات انحدار كالجبال أو أكثر منها ، ولذا كانت تلك الاراضي قليلة الخيرات ، مخلخلة العمران ، في عزلة وفقر نسبيين ·

في غرب القارة تمتد التلال على طول القواعد الشرقية لجبال روكي ، وتنتشر شمالا ثم شمالا بغرب وغربا ، لتغطي غالبية الاراضي الداخلية من آلاسكا ، كذلك تسود أراضي التلال على امتداد ساحل المحيط الهادي من الطرف الجنوبي لشبه جزيرة كاليفورنيا حتى الحدود الكندية ، وكتتمة لذلك في الجنوب تنتشر أراضي التلال عند أقدام جبال سيرامادري الغربية بالمكسيك ، حتى داخل ولاية أريزونا الامريكية ، وهذه في الغالب جهات قارية جافة قليلة النفع .

القسم الاكبر من شمال شرق قارة أمريكا الجنوبية تلال تفصل بينها هضاب أو سهول فيضية رحيبة ، وتنتمي اليها أراضي غيانه وتتمتها في الحواف الجنوبية لسهل الأمزون ومرتفعات شرق البرازيل ، وقد لعبت هذه التلال دورا مشابها لنظيراتها بشرق أمريكا الشمالية ، من حيث الفصل بين الساحل والداخل ، خاصة اذا أخذنا بعين الاعتبار كتل الهضاب والجبال التي تتلاحم معها ، ومناخ هذه الجهات مداري رطب تسودها حشائش السافانا ، مع الغابات الشوكية أو الغابات الاستوائية ، ومن ثم قلت امكاناتها ، وباستثناء التلال الساحلية تكاد تخلو بعض بقاع الداخل الا من القليل من الهنود الاصليين ، وكثير من الجهات ما زالت أرضا مجهولة لم تستكشف ولم تمسح طبوغرافيا أو توقع تفصيلاتها على الخرائط .

على الجانب الغربي تنتشر أراضي التلال بامتداد ساحل تشيلي وبيرو وبعض جهات كولمبيا واكوادور بالقرب من الساحل ، وكالحال في نظائرها بأمريكا الشمالية تقع التلال بين مياه الباسفيك من ناحية وسلاسل الجبال

الشاهقة من ناحية أخرى ، ويندر أن يتعمق المحيط بخلجانه داخل تلك الاراضي .

٢ ـ أوروبـا :

باستبعاد السهل الروسي والجبال الألبية ، فان بقية القارة تسودها التلال ، وهي في أكثرها أراض ليست قاسية البرودة أو الجفاف ، وبالتالي فهي دائما جهات آهلة بالسكان ، بعكس أراضي التلال الامريكية . ففي الجزر البريطانية تغطي التلال اسكتلند وشمال وغرب انجلترا وكل ويلز وجزيرة أيرلند ما عدا أواسطها ، هذه المرتفعات تشكل المصادر الرعوية والغابية لتلك البلاد ، كما أنها بفضل رطوبة المناخ وانحدار السطح تمدها بالطاقة الكهربائية اللازمة للصناعة من أنهارها المتكسرة .

على القارة توجد أكثر أراضي التلال بالقسم الجنوبي ، ممتدة ما بين الاطلنطي وبحر ايجه والبحر الاسود من ناحية ، وبين البحر المتوسط وأواسط المانيـا وجنوب بولند من ناحية أخرى ، ولكن هـذه المساحة الشاسعة تعترضها سلاسل الجبال وأراض سهلية متفرقة ، وليست خالصة للتلال ، ومما تجدر ملاحظته أن أقطارا كالبرتغال وايطاليا ويوغوسلافيا واليونان وبلغاريا وتشيكوسلوفاكيا تغلب عليها التلال أكثر من بقيـة الاشكال الارضية الاخرى ، ونظرا لقلة الاراضي السهلية بمثل هـذه الاقطار ، فقد اضطر الاهالي لاستثمار أراضي التلال على نطاق كبير ، بالاضافة الى ما بينها من أودية في أغراض الزراعة والرعي والتحريج ، وقد ساعد في ذلك لطف المنـاخ ورطوبته ، وفي كثير من البقاع أقيمت المدرجات الزراعية على الجوانب الدنيا من التلال بعناية تنتزع الاعجاب.

تلال شمال القارة توجد بكل من السويد والنرويج وفنلند ، الاطراف الشمالية منها تغطيها الغابـات وتكتنفها البحيرات بشكل يشبه أراضي التلال بشرق كندا وحوض البحيرات وسـانت لورنس ، أما الاطراف الجنوبية فأكثر دفئا ، وبالتالي أنفع لأغراض الرعي والزراعة .

بأقصى شرق القارة توجد سلاسل الأورال التلية الفاصلة بين السهل الروسي الاوروبي في الغرب والسهول الآسيوية في الشرق .

٣ ـ تلال آسيا واستراليا :

تتمتع آسيا بنصيب الاسد من التـلال التي ترسم حلقة شبه متصلة مابين المحيط الهندي جنوبا والمحيط المتجمد شمالا، ومابين مياه الباسفيك وأواسط القارة ، وقد كان لهـذا الانفساح انعكاساته على الظروف الطبيعية لأراضي التلال التي تتراوح ما بين ظروف التجمد في التندرا والظروف المدارية الرطبة ، ففي الجنوب تنتشر التلال فوق الجزء الاكبر من شبه جزيرة الدكن وبورما وجنوب الصين ، حيث يتكاثف السكان فوقها بسبب ضيق الاراضي المستوية عن استيعابهم ، وقد قام الاهالي بتدريج جوانب التلال الآسيوية في جنوب القارة وشرقها ، وأقاموا فوق كل شبر منها اقتصادا زراعيا كثيفا ، أما التلال الداخلية فشأنها شـأن السهول المحيطة بها ، قفار قليلة الامكانات بسبب الجفاف .

تمتد التلال الآسيويـة بأرخبيل جزر اندونيسيا وغانة الجديدة ، وتستكمل طوقها بعد ذلك على طول الهامش الشرقي المرتفع من قـارة استراليـا ، وجزيرة تسمانيا ، والشطر الاكبر مـن أراضي جزيرتي نيوزيلند ، وتلعب التلال الاسترالية دور الحاجز الذي يحول بين المؤثرات المحيطية الرطبة المنبعثة من الشرق وبين الاراضي الداخلية من القارة ، فتسود لذلك ظروف الجفاف .

٤ ـ افريقيـا :

كثير من الاراضي غير الهضبية في هذه القارة الهضبية عبارة عن تلال تتلاحم في غالبية الاحيان بأراضي الهضاب ، أكثر هـذه التلال يقع في النصف الجنوبي من القارة جنوب الصحراء الكبرى ، حيث تطوق أراضيها الهضاب الداخلية حول كل من حوض الكنغو وحول هضبة البحيرات بوسط

شرق القارة ، وحول هضاب جنوب افريقيا الواسعة ، أما النصف الشمالي من القارة بهضاب الصحراء الكبرى ذاتها فيغزوه نطاق قوسي من التلال ينبعث كمعبر يربط بين قلب الصحراء وبين أراضي التلال المترامية على الاطراف الشمالية لحواف حوض الكنغو الهضبية ، وتبدو التلال مرة أخرى شمال غرب القارة عند قواعد جبال أطلس ، ثم شمال شرق القارة على طول ساحل البحر الاحمر وامتدادها جنوبا عبر ارتريا الى أراضي الصومال والساحل الشمالي للقرن الافريقي . يقابل هذا على الجانب الآسيوي من البحر الاحمر المنحدرات الدنيا من جبال اليمن ، ثم مرتفعات عسير والحجاز وامتدادها شمالا في تلال جنوب الاردن على طول وادي عربه ، كما يلحق بها شمالا المرتفعات السورية واللبنانية .

أصناف التلال :

كما تختلف الجبال والهضاب في أصولها وعوامل تشكيلها تختلف التلال أيضا . فبعضها تبرز ملامحه أثر عامل التكوين البنائي للصخور ، وبعضها الآخر تنعكس عليه آثار عمليات النحت والتعرية والارساب .

١ ـ التلال البنيوية :

حينما تتعرض طبقات من الرواسب للتغضن والطي ، فانها تبدو على شكل موجات ، لا تلبث عوامل الحت أن تمارس نشاطها فيها ، حتى تكتشف ما بها من التكوينات الصخرية اللينة فتأتي عليها ، أما التكوينات الصلبة فانها لشدة مقاومتها لتلك العوامل تبقى شاخصة بارزة ، فتنشأ على امتدادها حافات التلال التي تفصل بين الأودية والمنخفضات وتتخذ لذلك نمطا يتكرر مع تعاقب التكوينات الصلبة واللينة ، فترى التلال وقد برزت في أحزمة متوازية تقريبا تحصر بينها أشرطة من البطون والقيعان ، لهذا فان النمط العمراني يتبع النمط التضريسي ، حيث تسود الزراعة بطون الأودية ومدرجات قواعد التلال ، أما المنحدرات فتترك للمراعي والغابات . كذلك تتبع شرايين المواصلات نفس النمط ، فتمتد في بطون

الوديان ، أما اذا اضطرت لعبور حافات التلال عرضيا فان ذلك يكون عن طريق فجوات معدودة حفرتهـا أودية جانبية أوجدت بها ما يشبه الممرات الضيقة المتباعدة .

٢ ـ التلال الحتية الارسابية :

حينما تكون الطبقات الصخرية بمناطق التلال أفقية الوضع ، أو متكتلة مندمجة متجانسة التركيب والصلابة ، أفسح ذلك المجال أمـام عمليات النحت وحدها لكي تصوغ أشكال التلال ، فالأودية النهرية عندما تمزق تلك البقاع ، فانهـا تتفرع في شبكات تشبه الى حد كبير تفرع أغصان الاشجار ، ولذا يطلق عليها اسم النظام الشجري للمجموعات النهرية ، ومن ثم ترسم حافات التلال نفس النمط الشجري فيما بين التفرعات ، مثال ذلك تلال الجرانيت البارزة على الجانب الشرقي لوادي عربه بجنوب الاردن ، ومناطق تلال الكتار على جانبي السهل الفيضي المعروف بالأزوار بنهر الاردن .

بعض التلال الحتية توجد بالمناطق التي اجتاحهـا الجليد ، حيث حفرت ألسنته أودية غائرة في المناطق التي تركزت بها ، بينما برزت الارض فيما بينها على شكل صفوف من التلال ، وفي المناطق التي انتهى اليها الجليد وأرسب حمولته من الركام ، نشأت صفوف أخرى من تلال ارسابية ركامية مستطيلة متعرجة ، وفي بعض الجهات الصحراوية قد تتراكم الرمال على شكل تلال صغيرة متحركة من الكثبان ، التي يغطي بعضها مئات الكيلومترات المربعة من سطح الصحراء ، كالحال في صحراء الربع الخالي جنوب شرق الجزيرة العربية ، وبحر الرمال العظيم فيما بين مصر وليبيا .

الفصل السابع

الغلاف المائي

يشتمل الغلاف المائي للكرة الارضية على عـدد كبير من المسطحات المائية التي تتألف منها الاجسام الكبرى للمحيطات والبحار ، ثم البحيرات والانهار ، وأغلفة الجليد على سطح الارض اليابسة ، والمياه الجوفية أو الباطنية الغائرة في الحيز الخارجي من صخور القشرة الارضية .

البحـار والمحيطـات

تغطي البحار والمحيطات نحو ٧١٪ من المساحة الكلية لسطح الارض ، والواقـع أن علم الجغرافيا اذ يهتم بدراسـة الارض كموطن للجنس البشري ، فانه لا يسعه أن يهمل تلك المساحة الهائلة التي تغطيها المياه المالحة من سطح هذا الكوكب . ولعل أهمية هذه المياه تتضاءل في الأذهان للوهلة الاولى اذ نصفها بالملوحة ، ولكن الواقع غير ذلـك . حقيقة أن الانسان وان كان لا يقضي حياته في البحر ، الا أن للبحر علاقة وثيقة بحياته ، فعبابه يمثل طرقا ممهدة يستخدمها ليحمل عليها سلعه ومتاجره بين قارات العالم ، ومن كائناته الحية يتخذ غذاءه وخاماته ، وعلى أملاحه ومعادنه تقوم الكثير من صناعاته ، ناهيك عن أهمية المسطحات المائية الكبرى والصغرى كمطبخ للمناخ على سطح الارض، بما تحدثه من تلطيف

في تطرف درجات الحرارة ، وارسال الغيث سقيا للمناطق اليابسة من هذا السطح .

كذلك كان المحيط في المراحل المبكرة من تاريخ كوكبنا المهـد الذي نشأت به كافة صور الحياة ، ومنه انتقلت الى البر ، ولسوف تزداد أهمية هذه المياه المالحة تباعا بابتكار وسائل رخيصة التكلفة لتحليتها ، لسد العجز في المياه العذبة اللازمة في كثير من بقاع العالم . بل ان مياه البحر المالحة على حالها تستخدم الان في المصانع للتبريـد كمصانع الحديد والصلب ومولدات الطاقة النووية ، وأخيرا استخدمت هذه المياه بنجاح حتى لأغراض الزراعة وانتاج المحصولات الغذائية ، وان كان ذلك يتطلب نوعا خاصا من التربات ، ودورة زراعية معينة تزرع بموجبها نباتات محبة للملوحة بين عام وآخر ، لتخفيف نسبة تركيز الاملاح في التربة من جراء الري بماء البحر ، ويقال بأن هـذه الطريقة تعدت فعلا مراحل التجريب الى مراحل التطبيق على مساحات كبيرة في بعض الدول .

كذلك البحر مورد لا ينضب لاستخراج الكثير من العناصر المعدنية التي تشتمل مياهه على عشرات منها ، كما أن استخدام الطاقة الناتجة عن حركة الماء خاصة في المد والجزر قد أصبح حقيقة واقعة في بعض الدول كفرنسا وأمريكا . واذا كان البحر مصدر الرطوبة عصب الحياة على البر ، فانه في نفس الوقت مستودع هائل للغذاء ، الذي تتفاقم مشكلاته عاما بعد عام ، نتيجة للنمو السريع المطرد لسكان العالم . هذا المصدر من الغذاء السخي لم يستغل بعد كما ينبغي برغم التقدم الملموس في معدات الصيد ووسائله ، غير أن هذا في حد ذاته دليل على أن الانسان رغم ما بلغ من تقدم حضاري وعلمي ما زال يمارس في البحر حرفة من أقدم حرفه البدائية ، وأعني بهذا حرفة الصيد ، والصيد افناء أو بمعنى آخـر « تعدين » للثروة ، يأخذ ولا يعطي ، وفي ذلك استنزاف لمورد لا يعوض .

ولكن مما يبشر بالخير أن بعض التجارب قد نجحت في استزراع المحيط باللؤلؤ ونباتات بحرية أخرى ذات قيمة غذائية عالية لما تحويه من بروتين ،

يصلح لغذاء البشر بعد معالجته كيماويا لجعل طعمه مستساغا ، ففي المحيط ستكون مزارع الغد ، ولكن قبل أن نتفاءل بالغد ما زالت أمامنا مراحل طويلة من الدراسة التفصيلية الشاملة لمعرفة أنسب الظروف والبيئات التي يزدهر في كنفها نمو الكائنات البحرية، وهذا بدوره يتطلب عملية « مسح » للمسطحات المائية بجميع جهات الارض ، والواضح أن مثل هذا العمل الضخم يقتضي تعاونا دوليا بين أمم الارض لقلة جدوى الجهود الفردية . كما أن مشكلات التلوث على نطاق واسع تهدد مساحات كبيرة من مياه المحيط ، وتقلبها فعلا الى « صحار » مائية مقفرة تماما من الحياة .

طبيعة ماء البحر :

ماء البحر مادة شديدة التعقيد على الرغم من أن ٩٦,٥٪ منها ماء عذب، ونسبة ضئيلة لا تزيد على ٣,٥٪ فقط من وزنها مواد صلبة ذائبة ، معظم هذه النسبة من ملح الطعام العادي (كلوريد الصوديوم) ، فمياه البحر تحتوي على نحو ١٨,٩٨ جرام من الكلورين في كل كيلوجرام ماء ، وعلى ١٠,٥٦١ جرام من الصوديوم في كل كيلوجرام ، وهذان هما العنصران المشكلان لملح الطعام . يلي ذلك عنصر المغنيزيوم، ويوجد منه ١٢٧٢ جزءا في كل مليون جزء من ماء البحر ، فالكبريت ونسبته ٨٨٨٤ جزءا في المليون ، والكالسيوم ٤٠٠ جزء في المليون ، والبوتاسيوم ٣٨٠ جزءا في المليون . هذا فضلا عن العديد من العناصر الأخرى ، التي توجد بكميات قليلة ، ولكن على الرغم من هذا فان لبعضها أهمية بيولوجية أو اقتصادية كبيرة ، يضاف الى ذلك العديد من العناصر الأخرى التي توجد بكميات أقل ، كالمعادن الثمينة مثل الذهب الذي يوجد منه ٣٠٠٠٦ر٠ أجزاء في كل ألف مليون جزء ، أو في كل طن من ماء البحر ، ومن الراديوم يوجد ٠,٠٠٠,٠٠٠,٢ جزء في الطن ، بالاضافة الى ذلك توجد عناصر السيليكون والنيتروجين والفوسفور وغيرها . ولمعرفة كمية بعض هذه المعادن في بحار ومحيطات العالم يكفي أن نذكر أن أملاح المغنيزيوم بهذه المياه تكفي لتغطية القاع

بكافة جهات البحار والمحيطات بطبقة سمكها ستة أمتار ، أما ملح الطعام فهو عشرة أمثال ذلك أي أنه يمكن أن يغطي كافة جهات القاع بطبقة متصلة سمكها ستون مترا .

تتراوح نسبة ملوحة مياه المحيط بين ٣٣ ، ٣٧ في الألف ، فهي تنخفض كثيرا حيث تنصب الأنهار الكبرى ، بينما تبلغ الذروة بالمسطحات المائية التي تتعرض للبخر السريع دون أن يصلها ايراد نهري كبير ، كالحال في البحر الأحمر ، حيث تبلغ نسبة ملوحته ٤٠ في الألف ، بالاضافة الى مياه الانهار ، فالمطر عامل هام آخر في تخفيف حدة الملوحة ، ففيما بين خطي عرض ٤٠° شمالا و ٣٥° جنوبا ، يقل المطر بشكل ملحوظ في العروض المدارية ، باستثناء شريط ضيق حول خط عرض ٥° شمالا ، ولذا تزداد الملوحة التي تبلغ أقصاها ٣٥,٨ في الألف بالمحيطات حول خط عرض ٢٥° شمالا ، والى الشمال من ذلك تقل النسبة تدريجيا .

أما بالنسبة للتوزيع الحراري للمياه السطحية ، فان النمط العام لتوزيع الطاقة الحرارية يتفق مع كمية الطاقة الواصلة من الشمس الى الأرض ككل ، بمعنى أن أدفأ المياه توجد بالقرب من خط الاستواء ، وأبردها توجد تجاه القطبين ، كما أن معدل فقدان الحرارة يتخذ نفس النمط الموجود على اليابس ، فكمية الحرارة التي تتلقاها المياه فيما بين خط الاستواء ودوائر عرض ٣٠ شمالا وجنوبا ، أعظم من الفاقد بالاشعاع والتلامس مع الهواء والبخر ، ولكن فيما بين هاتين الدائرتين والقطبين ، تنعكس الآية ، ويكون الفاقد أعظم . ولذا تقوم كل من التيارات المائية والهوائية بنقل الحرارة ، واعادة توزيعها من العروض الدنيا للمحيطات ، لتعويض المسطحات المائية بالعروض العليا عن العجز الناتج عن زيادة الفاقد على الوارد ، وتبلغ هذه الحركة أشدها عند خط عرض ٤٠° شمالا وجنوبا ، وهذا ينقلنا لمناقشة الدورة المائية العامة للغلاف المائي على سطح الأرض .

دورة المياه بالمحيطات :

الركود التام ليس من خصائص المياه بأي جزء من أجزاء المحيط، فهناك حركة دائبة بجميع جهات الغلاف المائي لسطح الأرض ، مبعثها عوامل متعددة ، أهمها القوة الناشئة عن دفع التيارات الهوائية للطبقات السطحية من المياه ، ثم اختلاف كثافة المياه الناجمة عن تفاوت درجات الحرارة ونسبة الملوحة من مكان الى آخر . بالاضافة الى هذا ، تلعب قوى أخرى كقوة دوران الأرض حول نفسها ، وما ينشأ عن ذلك من انحراف الأجسام المتحركة على سطحها على يمين أو يسار اتجاهها طبقا للموقع من نصفي الكرة ، ثم أشكال السواحل ونظام توزيع اليابس ، لكل أولئك دوره الهام في نظام الدورة العامة للمياه بالمحيطات والبحار ، وينشأ عن ذلك ما يعرف بالتيارات المائية ، وهي على نوعين :

التيارات الرأسية أو العمودية التي تسبب هبوط كتل مائية الى الأعماق أو صعود أخرى نحو السطح ، فالمياه الباردة أو الشديدة الملوحة تميل الى الهبوط وتكوين الكتل السفلى ، في حين أن المياه الدافئة أو القليلة الملوحة لانخفاض كثافتها تطفو على السطح .

أما النوع الآخر من الحركة فهو الحركة الأفقية ، ولاختلاف الكثافة أيضا دخل كبير في نشأتها ، فمن البديهي أن المياه السطحية الباردة بالمناطق القطبية تهبط نحو القاع ، وتتحرك تجاه خط الاستواء ، في حين تتحرك المياه السطحية في اتجاه معاكس ، لكي تحفظ التوازن ، ومن الأمثلة البارزة على ذلك كتل المياه الباردة التي لوحظ هبوطها على جانبي جزيرة جرينلد ، متجهة الى أعماق المحيط الأطلنطي بالحوض الشمالي ، ثم المياه الدافئة المالحة التي تدخل المحيط المتجمد الشمالي ، وتوجد تحت طبقة المياه الأقل ملوحة عند سواحل سيبيريا .

من ناحية أثر السواحل على دورة المياه ، فيلاحظ أن التيارات المائية متى بلغت سواحل الكتل اليابسة التي تعترضها فانها تغير اتجاهاتها أو تتشطر الى شعب ، كما هو الحال في التيار الاستوائي الجنوبي بالمحيط

الأطلنطي عند وصوله سواحل أمريكا الجنوبية ، ولكن يلاحظ أن هذا العامل يؤثر على الحركة ولكنه لا يسببها ، يوجهها ولكنه لا يبعثها . مثال آخر سلبي هو التيار الجنوبي في نصف الكرة الجنوبي حول قارة انتارتيكا، فهناك حيث لا تعترض الكتل القارية استمرار مسار الماء ، يوجد تيار دائري يدور حول القارة القطبية ، بحيث يكمل دورة واحدة كل بضع سنوات على نحو ما سنفصل فيما بعد .

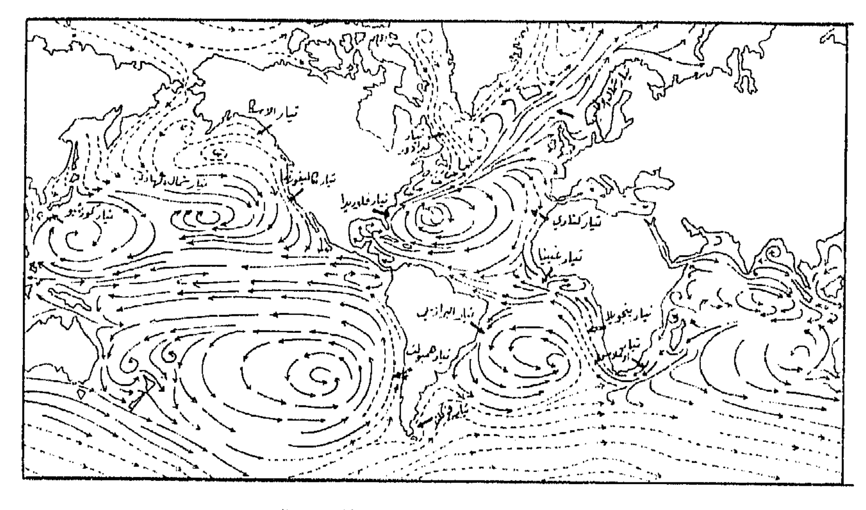
لعل من أهم مسببات الحركة ونشأة التيارات البحرية بالمحيطات هو دفع الرياح السطحية للطبقات العليا من المياه لأعماق قليلة ، فمن الثابت الآن أن للرياح القدرة على تحريك المياه في اتجاه مواز لاتجاه هبوبها ، فالرياح التجارية فيما بين المدارين تدفع التيارات البحرية السطحية نحو الغرب تجاه السواحل الشرقية من القارات ، مما يؤدي الى تراكم المياه السطحية الخفيفة بالقرب من هذه السواحل ، ويصل تأثير هذا العامل الى عمق ١٥٠ مترا في المحيط الأطلنطي و ٣٠٠ متر في المحيط الهادي . أما بالجهات التي تمتاز بتجانس المياه في الكثافة ، فان التراكم على النحو السابق لا يحدث ، ولكن في هذه الحالة تميل المياه الى التجمع على يمين اتجاه الريح في نصف الكرة الشمالي ، وعلى يسارها في نصف الكرة الجنوبي ، ففي نصف الكرة الشمالي اذا هبت الرياح بموازاة ساحل على يمينها ، فان اتجاه المياه يكون صوب الساحل ، أما اذا كان الساحل على يسار اتجاه الريح ، فان المياه تنقل نحو الداخل ، أي تجاه الحوض العميق من المحيط ، ومن ثم تحدث ظاهرة انقلاب المياه السطحية upwelling حيث ترتفع مياه باردة من الأعماق لكي تحل محل المياه السطحية التي أزيحت نحو الداخل ، ويتراوح العمق الذي تأتي منه المياه الباردة بين ٢٠٠ و ٣٠٠ متر تحت السطح .

التيارات المائية بالمحيطات :

المحيط الأطلنطي الشمالي :

يشتمل هذا الحوض على عدد من التيارات المائية التي تنشأ بالمنطقة الاستوائية ، من بينها التيار الاستوائي الشمالي ،

وهو عبارة عن تيار ضحل أي قليل السمك ، لا يتعدى أثره المائتي متر العليا من المياه السطحية ، في نطاق واسع يمتد بين خطي عرض ١٠ ، ٣٠ شمالا ، ويعتمد أساسا في حركته من الشرق الى الغرب على دفع الرياح التجارية الشرقية ، وتبلغ سرعته عند خط عرض ٢٠ شمالا نحو ٣٠ كيلومترا في اليوم . وعند خط طول ٦٠ غربا تقريبا ينقسم هذا التيار الى شعبتين احداهما تدخل البحر الكاريبي ثم تدور بخليج المكسيك لتخرج منه بعد ذلك الى المحيط الأطلنطي عن طريق مضايق فلوريدا ، أما الشعبة الثانية التي تتخذ طريقا مباشرا فانها تلتقي بالأولى الى الشمال من جزر الهند الغربية (شكل ٥٢) .



شكل (٥٢) التيارات البحرية

في النصف الجنوبي من المحيط يتولد تيار آخر نتيجة دفع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية يعرف باسم التيار الاستوائي الجنوبي ، وهو أقوى من نظيره في الشمال حيث تتجاوز سرعته في شهر حزيران وتموز ٣٥ كيلومترا في اليوم ، ويلاحظ أن هذا التيار ينقل كميات هائلة من المياه من النصف الجنوبي الى النصف الشمالي من المحيط ، اذ تقدر كمية المياه التي تعبر خط الاستواء في هذا الاتجاه نحو ٦ مليون متر مكعب في الثانية ،

ولذا فمن المعتقد أن انتقال هذه الكمية من المياه الدافئة قد ساعد على وقوع خط الاستواء الحراري بالمحيط الى الشمال من خط الاستواء الفلكي . وينتشر التيار الاستوائي الجنوبي فيما بين خطي عرض ٢٠° جنوبا ، ٤° شمالا ، وحالما يصل في اتجاهه غربا ساحل البرازيل ينشطر عند رأس ساوروك الى شعبتين ، احداهما تتجه نحو الشمال الغربي فتدخل البحر الكاريبي وتصبح جزءا من التيار الاستوائي الشمالي ، أما الشعبة الأخرى فتتجه جنوبا على طول الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية وتعرف باسم تيار البرازيل .

يعمل التياران الاستوائيان الشمالي والجنوبي على تراكم كميات هائلة من المياه على الجانب الغربي للمحيط ، وبخاصة في خليج المكسيك حيث يقدر أن مستوى الماء فيه يرتفع عن معدل مستوى الأطلنطي بنحو ١٩ سم عند مضايق فلوريدا مما يدفع بالمياه من الخليج الى المحيط على شكل تيار يعرف باسم تيار الخليج ، وهو يتكون من ثلاث مراحل ، المرحلة الجنوبية منه تعرف باسم تيار فلوريدا بين المضايق ورأس هاتيراس Hatteras وتسمى المرحلة الوسطى حتى الشطوط العظمى تيار الخليج ، وفيما بعد ذلك يعرف التيار باسم تيار شمال الأطلنطي North Atlantic drift ، حيث يتشعب التيار في الجزء الشمالي من حوض هذا المحيط ، والتيار في مجموعه عبارة عن نطاق ضيق من مياه سريعة الحركة ، تفصل بين المياه الشاطئية الباردة على يسارها ، وبين المياه المحيطية الدافئة على يمينها .

وتبلغ أقصى سرعة لهذا التيار نحو ١٦٠ كيلومترا يوميا في نطاق أوسط يبلغ عرضه نحو سبعين كيلومترا . بشمال الاطلنطي يتشعب هذا التيار ، وينتشر على مساحة واسعة ، فتبطؤ حركته ويتجه شرقا مع الرياح العكسية الغربية ، جزء من هذا التيار يتخذ مسارا جنوبيا شرقيا ليكون تيار كناري ، أما الباقي فيتجه الى الشمال والشمال الشرقي ، وهنا تتغير خصائص المياه التي تحمل الدفء الى سواحل غرب أوروبا ، بل والى أطراف المحيط المتجمد الشمالي ، بعض المياه تتجه غربا الى الجنوب من أيسلند في

تيار يسمى ارمنجر Irminger الذي يلتقي بتيار شرق جرينلند البارد بعد ذلك ، ومن اتحادهما تتكون الكتل المائية الباردة ، التي تهبط الى الأعماق بشمال حوض الأطلنطي . كذلك تدخل بعض الميـــاه بحر النرويج ، وفي جميع هذه الجهات تساعد التيارات على تلطيف حـــدة البرودة ، وتيـــار الخليج من هذه الناحية أكثر فاعليـــة من نظيره بشمال المحيط الهـــادي ، فالرحلة التي يقطعها تيار الخليج الى هذه الجهات لا تزيد على خمسة آلاف كيلومتر ، بينما يقطع تيار شمال المحيط الهادي رحلة تزيد على ثمانية آلاف كيلومتر يفقد خلالها الكثير من حرارته .

تيارات جنوب الأطلنطي :

على الجـــانب الـــشرقي يوجـــد تيـــار بنجـــويلا ، الـــذي يتحـــرك شـــمالا بالقرب من ســـاحل أفريقيا ، ويبلغ عنفوانه فيما بين رأس الرجـــاء الصالح وخط عرض ١٨° جنوبا ، نتيجـــة لحركة التيـــار في النصف الجنوبي من الكرة فان المياه الكثيفة توجد على يمينه تجاه الساحل، ويقدر أن هذا التيار ينقل نحو ١٦ مليون متر مكعب من الماء في الثانية .. وفيما وراء خط عرض ٢٠ جنوبا ، يبتعد التيار عن الساحل كثيرا ، فيتجه غربا لكي يتحد مع التيار الاستوائي الجنوبي . وبصفة عامة يمكن القول بأن تيار بنجويلا أقوى وكمية المياه التي ينقلها أعظم من نظيره المعروف باسم تيـــار البرازيل على الجانب الغربي للمحيط ، وينشأ هـــذا الأخير كشعبة من التيار الاستوائي الجنوبي بعد أن ينشطر عند رأس ساوروك ، ويذهب الشطر الأعظم منـــه الى الشمال ، ولذلك كانت كميـــة المياه التي تتحرك بتيار البرازيل قليلة لا تعدو ١٠ مليون م٣ في ثانيـــة ، ويظل هذا التيار الدافىء يتجـــه جنوبا حتى خط عرض ٣٠ جنـــوبا ، وعندئذ يلتقي بتيار فوكلند البارد ، ومن اتحاد هذين التيارين المختلفين ينشأ تيار يتجه من الغرب الى الشرق عبر جنوب الأطلنطي ، بتأثير دفع الرياح الغربية ، ومن ثم تستكمل المياه دورتها في اتجاه ضد اتجاه عقارب الساعة بالنصف الجنوبي من هذا المحيط .

تيارات المحيط الجنوبي :

يدور حول قارة أنتارتيكا تيار من الماء ، يتجه من الغرب الى الشرق ، تبلغ سرعته عند خط عرض ٥٠° جنوبا نحو ١٥ سم في ثانية ، وقد لوحظ أن الأجسام الطافية مع ماء هذه العروض تتحرك شرقا بمعدل ١٢ كم يوميا ، وتستغرق رحلة هذه الأجسام ما بين ٣ ، ٤ سنوات لكي تتم دورة كاملة حول القارة القطبية ، ويدور التيار بانتظام حول هذه القارة ولكن في مسار يتغير تبعا لتضاريس قاع المحيط ، من ذلك تحول التيار عن مساره عند مناطق الحافات البارزة من القاع ، والتي يبلغ عدد ما يعترضه منها نحو خمس حافات . كما أن امتداد الطرف الجنوبي لقارة أمريكا الجنوبية يحصر هذا التيار في شقة مائية ضيقة ، ولكن بمجرد عبورها ينتشر التيار شمالا ، حتى أن جزءا منه يكوّن تيار فوكلند السابق ذكره .

تيارات المحيط الهندي :

نتيجة لتغير نظام هبوب الرياح في هذا المحيط ، فان الدورة المائية به صيفا عكسها شتاء ، فالتيار الاستوائي الشمالي الذي يصل حتى سواحل الصومال يبلغ أوجه في فبراير (شباط) ومارس (آذار) أثناء هبوب الرياح الموسمية الشمالية الشرقية ، ولكن في أغسطس وسبتمبر (آب وأيلول) ، حينما تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية يختفي هذا التيار ، ليحل محله تيار يعرف باسم التيار الموسمي ، الذي يتجه في حركة عكسية ، أي من الغرب الى الشرق .

كذلك التيار الاستوائي الجنوبي الذي يوجد فيما بين خطي عرض ٢٧° و ١٠° جنوبا في فصل الشتاء ، يتحرك شمالا في فصل الصيف ، وتتجه مياهه بمحاذاة الساحل الافريقي ، ابتداء من خط عرض ١٠° جنوبا حتى يعبر خط الاستواء ، أما الجزء المتبقي فيتجه جنوبا ويحمل اسم تيار موزمبيق ، وعند خط عرض ٣٠° جنوبا يطلق عليه اسم تيار أوجلاس Auglhas

الذي يكوّن نطاقا مائيا ضيقا واضح المعالم على بعد يقل عن ١٠٠ كم من الساحل الأفريقي ، وحالما يصل الطرف الجنوبي للقارة ، يدخل جزء يسير منــه الى المحيط الأطلنطي ، بينما ينعطف معظمه شرقا ثم شمالا قبــل وصوله سواحل استراليا ، حيث يعرف باسم التيار الأسترالي الغربي ، وهو نظير تيار بنجويلا بالمحيط الأطلنطي .

تيارات المحيط الهادي :

يشبه نظــام الدورة المائيــة بالمحيط الهادي مــا ســبق أن ذكرنا عن المحيط الأطلنطي ، حيث يوجــد تيــار اســـتوائي جنوبي يفصله عن التيار الاستوائي الشمالي تيار راجع يتجه الى الشرق ، هذا التيار المضاد أشد بكثير من نظيره في المحيط الأطلنطي ، ولعل أهــم ما يميز المحيط الهادي هنا أنــه أسفل التيار الاستوائي الجنوبي المتجه غربا ، يوجد تيار سفلي يتخذ اتجاها عكسيا يعرف باسم تيار كروموبل Cromwell Current ، وهو عبارة عن طبقــة رقيقة من المياه تتحرك شــرقا بسرعة فائقة عند خط الاستواء ، وتبلغ سرعة هذا التيار صيفا نحــو ١٠٠ سم في الثانية ، وتزداد سمك طبقة المياه كلما تقــدم التيار شــرقا ، ولذا يبلغ معدل ما يحمله من ماء نحو ٣٩ مليون م٣ في الثانية .

أما التيار الاستوائي الشمالي بهذا المحيط ، فيشبه الى حد كبير نظيره في المحيط الأطلنطي ، حيث يتجه من الشرق الى الغرب ، ويزداد حجمه كلما تقدم غربا ، يساعد على ذلك ما يضاف اليه من مياه دافئة من الكتلة الاستوائية السطحية . ويبــدأ هذا التيــار بالقرب من ســواحل أمريكا الشمالية ، ويزداد عرضه وعمقه بالتدريج ، ولكنه بطيء في تقدمه نحو الغرب ، فيبلغ معدل سرعتــه نحو ٢٠ ســم / ثانيــة ، وحالما يقترب من الجــانب الغربي للمحيط ينقسم هــذا التيار الى شعبتين احداهما ترتد راجعة مع التيار الاستوائي المضاد ، أما الأخرى فتتجه شمالا على طول سواحل الفلبين وتايوان وتعرف باسم تيار كوروشيو Kuroshio وهذا التيار نظير تيار الخليج في المحيط الأطلنطي، الجزء الجنوبي من هذا التيار فيما

بين سواحل الفلبين واليابان يمتد الى عمق ٧٠٠ متر تحت السطح ، وتبلغ سرعته ٩٠ سـم في الثانية في الصيف ، تهبط الى ٦٠ سـم في الثانية أثناء فصل الشتاء .

عنـد خط عرض ٣٥° شـمالا يتشعب هذا التيار الى شعبتين ، تدور الأولى شرقا وتصل في سيرها خط طول ١٦٠ شرقا ، أما الأخرى فتتجه نحو الشمال الشرقي حتى خط عرض ٤٠ شمالا ، حيث تنعطف بدورها نحو الشرق عندما تلتقي بتيـار من الماء البارد يعرف باسـم تيـار أوياشيو Oyashio ، ومن اختلاطهما يتكون تيار شمال المحيط الهادي ، وقبل أن يصل هذا التيار في اتجاهه شرقا خط طول جزر هوائي ، ينعطف جنوبا ثم يدور غربا ، وعند هذا الحد تكون مياه تيار شمال الهادي قـد تغيرت في خصائصها الطبيعية تماما عن التيار الأصلي كيروشيو .

وحالما يقترب هـذا التيار من السواحل الشرقيـة للمحيط يتشعب شعبتين ، واحدة تدخل خليج آلاسكا ، أما الأخرى فتتجه جنوبا على طول سواحل كنـدا والولايات المتحدة . الشعبة الأخيرة تعرف باسـم تيـار كاليفورنيا ، وهو نشيط بين خطي عرض ٤٨° ، ٢٣° شمالا ، وحده الداخلي نحو المحيط يبعـد بمقدار ٧٠٠ كم من الساحل ، وينقل التيار نحـو ١٠ مليون م٣ من الماء في الثانية ، وهنا تحدث عملية انقلاب بالمياه السطحية تؤدي الى صعود مياه باردة نحو السطح في الربيع وأوائل الصيف ، لدرجة أن حرارة المياه في الربيع تكون أبرد منها في فصل الشتاء ، وتأتي المياه من أعماق لا تزيد عن ٢٠٠ متر تحت السطح ، نتيجـة للرياح الخارجـة من القارة ، ويبطل أثرها تماما في فصل الخريف .

أما التيار الاستوائي الجنوبي ، فانه يتجه شرقا حتى خط طول ١٣٥° شرقا ، وهي مسافة تزيد على ثلاثة أمثال المسافة التي يقطعها نظيره في المحيط الأطلنطي ، ويتفرع هذا التيار الى شعبتين ، تتجه الجنوبية منهما بمحاذاة الساحل الشرقي لقارة أستراليا ، وعند خط عرض ٤٠° جنوبا ينعطف هذا التيار نحو الشرق ويدخل في التيار الذي سبقت الاشارة اليه

بالمحيط الجنوبي الذي يستمر في اتجاهه شرقا حتى الطرف الجنوبي من قارة أمريكا الجنوبية ، وهناك يتشعب ، وتتجه الشعبة الشمالية منه على طول ساحل القارة مكونة ما يعرف باسم تيار بيرو أو همبولت البارد ، ويمتد الى مسافة ٩٠٠ كم من الساحل ، ويظل محافظا على اتجاهه شمالا حتى جنوب خط الاستواء ، حيث يدخل بعد ذلك في التيار الاستوائي الجنوبي . يوجد تحت هذا التيار تيار آخر مضاد يتجه الى الجنوب على عمق ٤٠٠ متر بالقرب من الساحل، ودرجة حرارة المياه به أعلى من درجة حرارة التيار السطحي .

الجليد على الغلاف المائي :

الجليد بالبحار والمحيطات على نوعين : نوع ينشأ على اليابس ويتحرك الى البحر ، ويعرف باسم الكتل الجليدية الطافية أو جبال الجليد ice - berge ، التي تمثل خطرا داهما على الملاحة ، ونوع آخر ينشأ نتيجة لتجمد مياه البحر ، ويعرف باسم أغلفة الجليد pack - ice ، أو ببساطة جليد البحار sea ice ، ويعرقل هذا النوع استخدام الموانيء الواقعة بالعروض العليا دون القطبية خلال فصل التجمد ، على أن أشد النوعين السابقين خطرا على الملاحة هي جبال الجليد الطافية ، التي تسافر مسافات طويلة ، وتصل في كثير من الأحيان الى مياه العروض الدنيا .

لجبال الجليدية :

وهي على نوعين ، الاول جبال الجليد بنصف الكرة الشمالي ، وتنشأ في المعتاد من تكسر الألسنة الجليدية عند مصبات الأودية الجليدية المنحدرة من البر المجاور ، فهي بهذا تتألف من مياه عذبة . أما النوع الثاني فيوجد بنصف الكرة الجنوبي وينشأ عن تكسر الحواشي الخارجية من الأغطية الجليدية ice caps حول قارة أنتارتيكا ، وهو بهذا يتألف من مياه مالحة ، والنوع الاول أصغر حجما وبالتالي أسرع حركة من الكتل الجليدية الطافية التي تنشأ في نصف الكرة الجنوبي .

أما عن الأحجام فقد يبلغ طول بعض هذه الكتل عشرات الكيلو مترات في نصف الكرة الجنوبي ، ولكن في المعتاد لا يزيد طولها على ٦ كيلومترات، بينما لا يتجاوز طول الجبال الطافية للجليد بنصف الكرة الشمالي نصف كيلومتر الا في أحوال قليلة ، ويبلغ ارتفاع الكتل فوق سطح الماء ٣٠ أو ٤٠ مترا . هذا ويختلف عددها من عام لآخر ، ففي العقد الاخير من القرن الماضي كان عددها من الكثرة حتى أن الطريق الملاحي القديم بين أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا هجرته السفن الى طريق آخر أكثر تطرفا نحو خط الاستواء ، وتصل الكتل الآتية من القارة القطبية الجنوبية في تجوالها الى حوالي خط عرض ٣٥° جنوبا في الأطلنطي ، و ٤٥° جنوبا في المحيط الهندي ، و ٥٠° جنوبا في المحيط الهادي ، وذلك في نصف الكرة الجنوبي .

وتدفع التيارات البحرية هذه الكتل في اتجاه مساراتها بينما تحرك الرياح الغلافات الجليدية . في نصف الكرة الشمالي توجد مصادر هذه الجبال في جرينلند وفرانز جوزيف لند ونوفايازمليا ، فمن السواحل الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية لجرينلند تنتشر هذه الكتل في تيار جرينلند في الشرق ، وتيار لبرادور في الغرب ، الى أن يلتقيا الى الشرق من الشطوط العظمى فيما بين خطي عرض ٤٧° ، ٤٣° شمالا ، وهنا توجد قوة بوليسية دولية تنبه السفن الى أماكن الجبال الجليدية الطافية ومساراتها ، وذلك بعد كارثة غرق السفينة تيتانيك titanic عام ١٩١٢ .

ويتفاوت عدد هذه الجبال في النصف الشمالي كثيرا من عام لعام ، فقد سجلت القوة البوليسية نحو ١٣٠٠ منها في سنة ١٩٢٩ ، ولكنها لم تشاهد سوى ١٦ منها سنة ١٩٢٤ ، وفي الفترة ما بين سنة ١٩٠٠ و ١٩٢٣ بلغ معدل ما وصل منها الى خط عرض ٤٨° شمالا نحو ٤٠٧ كتلة سنويا ، وفي بعض السنوات التي تتكاثر فيها هذه الجبال قد تصل في تجوالها الى خط عرض ٣٠ شمالا ، وجزر الآزور والسواحل البريطانية . من حيث العمر ، لوحظ أن معظم هذه الجبال يتلاشى في بحر عامين أو أقل من تاريخ نشأته،

كما أن قمة موسم تكاثرها تكون في شهر مايو ويمتد موسمها فيما بين منتصف مارس ومنتصف يوليو .

كذلك يتميز المحيط المتجمد الشمالي بكونه مصدرا لما يسمى بالجزر الجليدية التي تنشأ على هوامش اليابس بشمال جرينلند وجزيرة Ellesmere ، ثم تتحرك في بطء داخل الأغلفة الجليدية ، وتتعرض أثناء ذلك للذوبان من أسفل ، والبناء من أعلى ، بسبب تساقط الثلوج ، وقد يصل طول بعض هذه الجزر نحو ١٧ كم وعرضها ٧ كم ، وتختلف عن الجبال الطافية لأن سطحها في المعتاد عظيم الاستواء ، وفي داخل المحيط المتجمد الشمالي تدفع التيارات البحرية هذه الجزر في حركة في اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة .

الغلافات الجليدية أو جليد البحار :

وينشأ عادة على طول السواحل ، خاصة اذا كانت نسبة الملوحة منخفضة كما هو الحال على سواحل سيبيريا ، وفي مناطق الخلجان المحمية حيث المياه ساكنة ، وفي هذه الحالات تتجمد المياه السطحية أولا ثم تنمو الغلافات باستمرار التجمد من أسافلها ، وتسمى هذه الغلافات بجليد الخلجان أو جليد السواحل ، الذي قد يمتد مسافة ٤٠٠ كم من سواحل سيبيريا ، كما أنها واسعة الانتشار حول الجزر الموجودة في أرخبيل شمال كندا .

وتتوقف درجة حرارة تجمد مياه البحر على نسبة ملوحتها ، فعند درجة ملوحة ٣٥ في الالف تتجمد المياه في درجة ١,٩° م ، ولكن نسبة ملوحة مياه سطح الجليد تقل عن المياه الاصلية بكثير فتتراوح فقط بين ٤ و ٥ في الالف نتيجة لازاغة الملح عند التجمد ، ثم سقوط الثلوج من الجو على سطح الاغلفة ، وكلما كانت درجة الحرارة أكثر انخفاضا كلما زادت نسبة الملوحة التي يمكن عندها التجمد ، ففي حالة انخفاض درجةالحرارة الى -١٦° م تكون نسبة ملوحة الغلافات حوالي ٦ في الالف ، وعند درجة

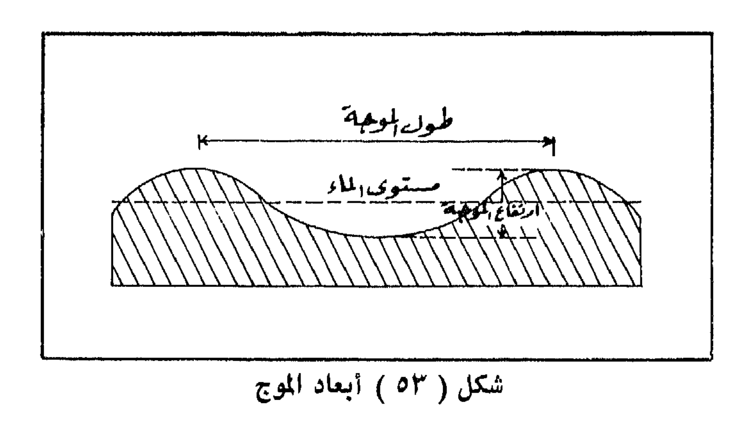
حرارة - ٤٠° م تزيد هذه النسبة على ١٠ في الالف ، ولكن من ناحية أخرى كلما زاد سمك الغلافات قلت نسبة ملوحة الجليد . وينمو الغلاف ما بين متر ونصف وبين خمسة أمتار خلال الشتاء الواحد ، ويظل سمكه يزداد بعد ذلك عاما بعد آخر ، ولكن ببطء عن المعدل السابق ، ويستمر الغلاف نحو خمس سنوات يتلاشى بعدها حينما تدفعه التيارات المائية في مساراتها، وتؤدي الى تكسره الى كتل تتباعد وتنتشر فتذوب بالتدريج .

ويغطي الجليد بأنواعه ما يقرب من ٦٪ من مساحة المحيطات أي ما يعادل ٢٢,٦ مليون كيلومتر مربع ، ولكن المساحة بنصفي الكرة تتفاوت تبعا لفصول السنة ، وتبعا لظروف الحرارة من عام لآخر . ففي نصف الكرة الجنوبي يبلغ انتشار الجليد مداه في الفترة ما بين يوليو وأكتوبر ، وفي فصل الشتاء الشمالي يشغل الجليد الشطر الاوسط من المحيط المتجمد الشمالي ، وهو عبارة عن غطاءات قديمة دائمة تغطي نحو ٥ مليون كيلو متر مربع ، فاذا أضفنا الى ذلك الجليد الهامشي حول سواحل سيبيريا وجرينلند وجزر شمال كندا ، ارتفعت المساحة الى ٨,٧ مليون كيلو متر مربع ، أو ٧٥٪ من مساحة الحوض القطبي كله . ويتحرك الجليد العائم حول هذا المحيط ، تدفعه الرياح والتيارات المائية بحيث يكمل دورته مرة كل خمس سنوات . كما ينصرف الجليد من هذا الحوض الى الحوض الشمالي للاطلنطي مع التيارات الباردة شرقي كندا وجرينلند على النحو السابق ذكره ، ويقدر أن نحو ١٢,٧٠٠ كم٣ منه تجد طريقها من المحيط المتجمد الشمالي الى المحيط الاطلنطي فيما بين جرينلند وسبتزبرجن ، وخمسة آلاف كم٣ عبر خليج بفن ، و ٢٠٠٠ كم٣ تمر فيما بين Bear Island و Franz Joseph Land كل سنة ، وتلعب هذه الكتل الجليدية دورا هاما في تكوين الكتلة المائية الباردة بشمال المحيط الاطلنطي .

الأمـواج :

الامواج احدى الظاهرات الهامة التي تشاهد من وقت لآخر ، وبصور شتى ، على المسطحات المائية ، وتنشأ في الغالب نتيجة دفع الرياح ، وهي

اذ تلعب دورا هاما في تشكيل سطح الجهات الساحلية ، فان لها خصائصها من حيث الطول وهو المسافة بين قمتين متتاليتين ، والارتفاع هو المسافة بين قمة الموجة وقاع حوضها ، ثم التكرار وهو الفترة الزمنية التي تتحرك فيها احدى القمم مسافة تعادل طول موجتها ، فالسرعة وهي المسافة التي تقطعها الموجة في فترة زمنية معينة. وفي المعتاد يكون ارتفاع الموجة نحو $\frac{1}{7}$ من طولها (شكل ٥٣) .



شكل (٥٣) أبعاد الموج

يلاحظ أن المياه لا تتحرك في تيار مائي في الاتجاه الذي تسافر فيه الامواج على نحو ما قد يبدو للعين ، بل ان جزئيات الماء بالموجة تدور في أماكنها تقريبا في مدار دائري أو بيضاوي ، الا أن هذه الجزئيات مع ثباتها النسبي في مواضعها ، فانها تتقدم قليلا في الاتجاه الذي تقصده الامواج ، ويمكن أن يشاهد ذلك بواسطة أي جسم طاف فوق سطح الماء ، فان هذا الجسم متى أقبلت القمة ارتفع ، ومتى أدبرت هبط في موضعه تقريبا ، ولكن اذا استمرت الملاحظة فترة طويلة فسوف نرى أن هذا الجسم الطافي قد قطع مسافة يسيرة في اتجاه الموج .

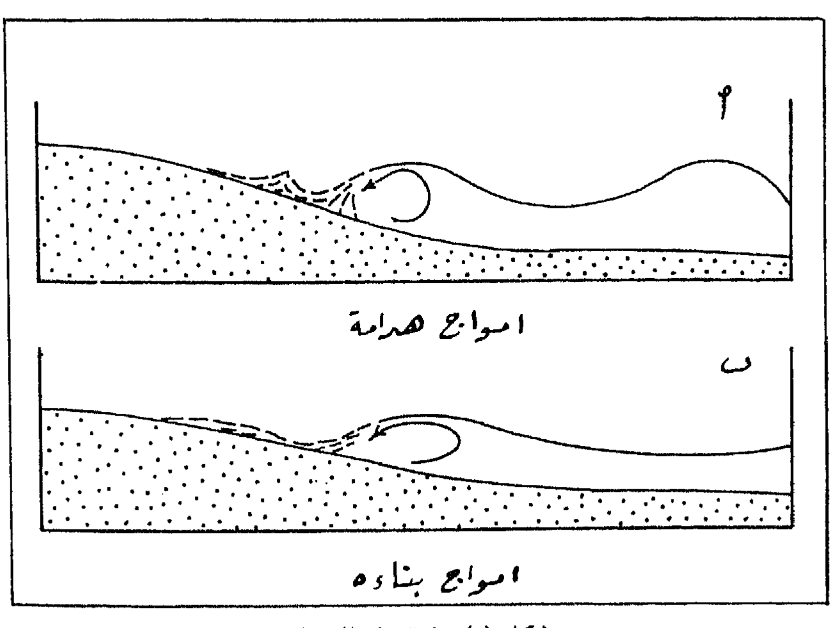
باستثناء بعض الامواج التي تثيرها الهزات الارضية الزلزالية في المحيطات ، فان الرياح وحدها هي الباعث والمحرك للامواج ، فالرياح

عندما تبدأ تهب على مسطح مائي ساكن ، فان اختلاف الضغط الناجم عنها على سطح الماء يثير دوامات تنمو وتتحرك بسرعة تتناسب مع سرعة التيار الهوائي ، فتنشأ عنها الامواج ، التي تدفعها الرياح بعد ذلك في اتجاه عامودي على مساراتها فتمدها بالطاقة المحركة .

الأمواج في المياه الضحلة :

تهمنا حركة الامواج في المياه الضحلة قرب السواحل نظرا لانها العامل الاساسي في تشكيل سطح هذه الجهات ، فحالما تدخل الامواج الى جهات قليلة العمق ، فان خصائصها وأبعادها تتغير ، فطول الموجة وسرعتها يقلان في حين أن ارتفاع الموجة يزداد ، خاصة اذا كانت الموجة من النوع المسطح (flat) التي ربما تضاعف ارتفاعها قبل أن تتحطم قرب خط الساحل ، نتيجة لقصر طول الموجة وتزايد ارتفاعها كلما قل عمق الماء عند الساحل ، فان جوانبها في هذه الحالة تزداد وعورة ويزيد في نفس الوقت تحدب القمة وانبساط القاع ، ويتبع هذا التغير تغير آخر في شكل المسار الذي تسلكه جزئيات الماء ، حيث يتحول من الشكل الدائري الى البيضاوي ، وعند هـذه المرحلة ما تلبث الموجة أن تتحطم ، وقد كان الاعتقاد السائد هو أن مجرد دخول الموجة منطقة مياه شاطئية يقل عمقها عن ارتفاع الموجة يؤدي الى تحطمها عند احساسها بالقاع ، ولكن هذا اذا كان صحيحا فان هناك عوامل أخرى أهمها أن تحول مسار الجزئيات الى الشكل البيضاوي يزيد من طوله في نفس الوقت الذي تقل كمية المياه بالموجة نتيجة لقصر طولها ، ومن ثم تكون كمية المياه أقل من القدر اللازم لاتمام الدورة بالمسار ، فيصبح الجانب الامامي من الموجة فراغا ، تهوي به قمة الموجة فتنفض أو تتحطم (شكل ٥٤) .

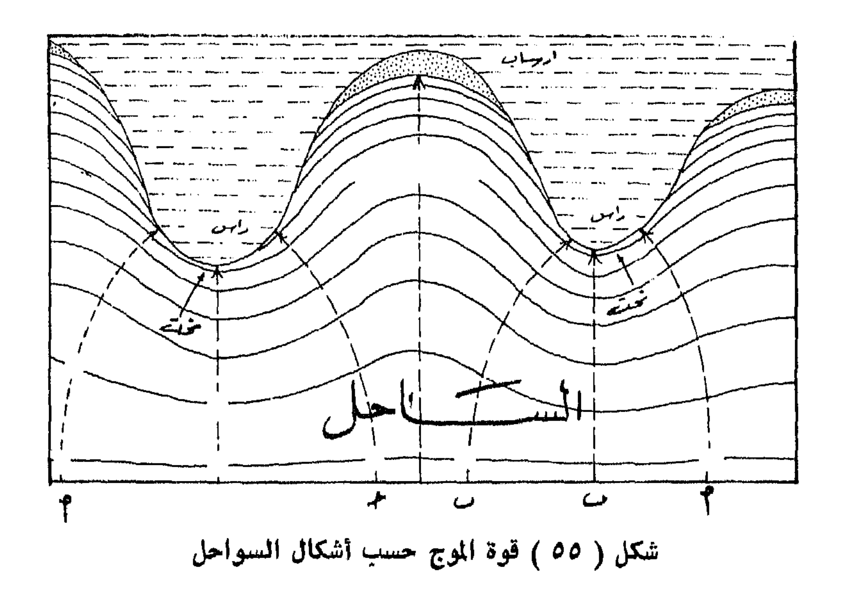
بالقرب من الشواطىء أيضا ، تحدث ظاهرة هامة ، هي انكسار الموج Refraction والسبب في ذلك راجع الى ظاهرة قصر طول الموجة بقلة العمق ، وعدم انتظام شكل الساحل أو القاع أمامه ، فسرعة الموج بالجهات العميقة نسبيا ستكون أكثر منها بالجهات الاقل عمقا ، ومن ثم سيكون اتجاه قمم



شكل (٥٤) تحطم الامواج

الموج موازيا لخطوط الكنتور بالقاع ، أي أن خطوط القمم ستنحني حسب كنتور القاع ، وبذا يعاد توزيع طاقة الموج عند ارتطامه بالساحل . ففي المياه العميقة تكون خطوط القمم مستقيمة متوازية ، والطاقة موزعة عليها بالتساوي ، فاذا فرض ورسمنا أعمدة من هذه الخطوط لتعبر عن توزيع طاقة الموج ، فان القاع اذا كان مستويا ، والساحل يخلو من التعاريج ، فسوف تظل خطوط القمم متوازية مستقيمة ، وأعمدة الطاقة المنبعثة منها موزعة بالتساوي على خط الساحل .

أما اذا كان الساحل متعرجا ، والقاع أمامه متضرسا ، فان خطوط القمم سوف تنثني ، والطاقة الناتجة عن تحطم الموج على الساحل ستتوزع بشكل آخر ، بحيث تتركز الطاقة على الاجزاء البارزة ، وتقل على الخلجان أو الجهات ذات القاع الاقل عمقا ، ولذلك تتعرض البقاع البارزة من السواحل لنشاط هدمي أكثر من الجهات الغائرة (شكل ٥٥) .



شكل (٥٥) قوة الموج حسب أشكال السواحل

أما من حيث حركة الماء وانتقــال كتلته في اتجاه الموج ، فان الامر يختلف باختلاف درجة انحدار الموجات ، أو بمعنى آخــر ارتفاعها . ففي الجهات العميقة من البحار والمحيطات ليس هناك مــا يعوق حركة المــاء ، ولكن حالما تدخل الأمواج المياه الشاطئية ، ويقل العمق ، فان المياه المنقولة تتراكم فيرتفع المستوى عند الشاطىء ، ولكن لما كانت القوانين الطبيعية لا تسمح بذلك فلكي يظل التوازن محفوظا لابد أن يقابــل ذلــك حركــة مضادة ، بواسطتها تعود المياه المتراكمة صوب البحر . في حالــة الامواج المنخفضة أو القليلة الانحدار ، تكون الحركة بالأجزاء العليا تجاه البحر ، أما الطبقة السفلى فان حركة المياه بها تكون صوب البر ، ولذا فان مثل هذه الموجات من النوع البناء ، الذي يحمل الرواسب ويجرفها مع ميــاه الطبقة السفلى ليلقي بها صوب البر . العكس بالنسبة للموجات الوعرة ، حيث تكون الحركة بالطبقة السفلى تجاه البحر ، وبالطبقات العليا تجــاه الأرض ، كما أن مثل هذا النوع الأخير من الموجات العالية ، ينشأ نتيجــة لهبوب الرياح من البحر نحو اليابس ، مما يشجع الحركة السطحية للمــاء تجاه اليابس ، فتعوضها الحركة السفلى له على القاع تجاه البحر .

ولما كانت الأمواج الحادة أو العالية تحدث بسبب رياح قوية ، فان الجهات الساحلية التي تهب عليها مثل هذه الرياح تكون عرضة للتآكل السريع ، خاصة اذا كان الشاطىء رمليا ، عندئذ تستطيع المياه الراجعة في حركتها على القاع أن تنقل كميات كبيرة من رمال الشاطىء والفتات الصخري نحو الداخل ، وترسبها حسب أحجامها بالمياه العميقة بعيدا عن الشاطىء .

كذلك تسبب الأمواج عند السواحل تيارات مائية بعضها يتجه بموازاة الساحل،ويعرف باسم التيارات الطولية Longshore والبعض الآخر يتجه نحو البحر،ويعرف بالتيارات العرضية rip . ولهذه التيارات أهمية كبيرة في نقل الرواسب وحركتها بالجهات الساحلية . أحد أسباب حدوث هذه التيارات هو انكسار الموج على النحو السابق ذكره،فنتيجة لاختلاف تضاريس القاع ، وتعرج السواحل ، تتوالى البقاع التي توجد بها أمواج عالية ، مع أخرى أمواجها منخفضة ، ويترتب على ذلك اختلاف درجة حركة انتقال الكتل المائية ، التي تعظم حيث الامواج عالية ، وتتضاءل حيث الأمواج هادئة ، فتتجه المياه على طول الساحل من الجهات الاولى الى الثانية ، وينشأ عن ذلك النوع الأول من التيارات . أو بمعنى آخر يمكن القول بأن هناك تيارات شاطئية تتجه من الجهات البارزة بالساحل ، أي الرؤوس ، الى الجهات الغائرة أو الخلجان ، وهذا بدوره يفسر النحت الذي تتعرض له الرؤوس ، اذ تعمل التيارات على نقل الرواسب عندها لتضعها أمام الخلجان . في الجهات التي تتقابل عندها التيارات الطولية من اتجاهين ينشأ تيار واحد عند نقط الالتقاء ، ويتجه هذا التيار صوب البحر في مسار عمودي على الساحل .

وتختلف قوة هذا النوع من التيارات تبعا لارتفاع الأمواج ، فعقب كل فترة من الامواج العالية تنشط هذه التيارات بعد أن تكون الامواج قد عملت على تراكم كمية كبيرة من المياه نحو الشاطىء ، كما أن هذا النوع من التيارات أكثر ظهورا على الشواطىء الرملية منه على

الشواطيء الصخرية ، أما الامواج الهادئة فتنجم عنها تيارات صغيرة ولكن بأعداد أكبر ، وفي كثير من الجهات يمكن التعرف على آثار القنوات التي تحفرها هذه التيارات في رمال الشاطيء .

تتوقف سرعة الموج وحجمه على عدة عوامل أهمها سرعة الرياح ومدة الهبوب ، فمهما كانت قوة الرياح ، فانها اذا هبت لمدة وجيزة ، لا يمكن أن تسبب أمواجا عالية ، كذلك لسعة المسطح المائي الذى تتولد عليه الامواج أثر في حجم الموج وسرعته ، ويتضح أثر هذا العامل بملاحظة ما يحدث حينما تهب رياح خارجة من اليابس الى المحيط ، فبالقرب من الساحل تبدأ الامواج الصغيرة تتكون ، ويكبر حجمها بالتدريج كلما أوغلت داخل المحيط ، حتى تأتي نقطة يتلاشى فيها أثر مساحة المسطح المائي ، ويصبح حجم الموج وسرعته مرتبطان فقط بسرعة الرياح . ومن المعتقد أن أية شقة مائية تزيد أبعادها على ١٥٠ كيلومترا تكون كافية لتكوّن الأمواج العالية .

كذلك عمق الماء من العوامل الهامة في نمو الموج ، كما أن لدرجة حرارة الرياح المثيرة للموج أثرها على ارتفاعه ، فقد سجل تضاعف ارتفاع الامواج اذا انخفضت درجة حرارة التيار الهوائي عن حرارة المسطح المائي بمقدار ١١° م مع ثبات سرعة الرياح . خلاصة القول هو أن أنسب ظروف نشأة الأمواج الكبيرة هي للمسطحات المائية الواسعة ، خاصة بالمحيطات حيث تهب الرياح القوية ، وأنسب الجهات التي تتوافر لها هذه الشروط هي نطاق الرياح الغربية في نصف الكرة الجنوبي ، أما البحار الداخلية أو المغلقة ، فانها لا تساعد على تكوّن الأمواج العالية .

التسونامي :

هناك نوع من الأمواج العظيمة الطول ، التي تنشأ نتيجة حدوث هزات زلزالية من مراكز بقشرة الارض تقع تحت قاع المحيط ، وتعرف هذه الامواج باسم Tsunami ، وهي كلمة يابانية . على أن البعض يطلق

عليها اسم أمواج المد tidal waves ، وتلك تسمية خاطئة ، اذ اتضح تماما أنه ليس لحركات المد أي دخل في تكوينها . ويتميز المحيط الهادي أكثر من غيره بتكرار هذا النوع من الأمواج ، وهذا بطبيعة الحال راجع الى تواجد العديد من المراكز الزلزالية على جوانب هذا المحيط ، فضلا عن حدوثها أحيانا بحوض المحيط الأطلنطي .

هذه الأمواج من الانواع العظيمة الطول ، حتى أن طول الموجة في بعض الأحيان قد يزيد على ١٥٠ كيلومترا ، في حين أن ارتفاعها ربما لا يتعدى مترا أو بعض متر ، وتتوقف سرعة هذه الامواج على عمق المياه، ففي الجهات التي يزيد عمقها على ٢٥٠٠ قامة تبلغ سرعة الموجة أكثر من ٧٥٠ كيلومترا في الساعة . ولعل أهم ما يميز هذه الأمواج ، أنها تمر ولا يكاد يشعر بها ركاب السفن في عرض البحر ، بيد أنها متى وصلت المياه الشاطئية الضحلة ، تضاعف ارتفاعها عدة مرات ، حتى أنها قد يبلغ علوها العشرة أمتار ، فتكون لها آثار مدمرة على الجهات الساحلية التي تضر بها .

من أمثلة هذه الأمواج ما أثاره زلزال جزر الآلوشي في أول نيسان سنة ١٩٤٦ ، فقد وصلت الامواج الى جزر هوائي بعد خمس ساعات ، وكانت المدة بين الموجة الاولى والثانية ١٢ دقيقة ، وقد وصلت بعض هذه الموجات الطرف الآخر من المحيط حتى ساحل أنتاراتيكا . مثال آخر زلزال شيلي في ٢٢ مايو سنة ١٩٦٠ ، الذي سبب موجات عنيفة ، بلغت سرعتها أكثر من ٧٠٠ كيلومترا في الساعة ، وبلغ ارتفاع الموج فيها عشرة أمتار على سواحل جزيرة هوكايدو وهنشو باليابان ، وقد وصلت هذه الموجات أيضا الى سواحل نيوزيلند واستراليا على الجانب المقابل من المحيط .

المياه القارية

مصدر هذه المياه ، سواء كانت بالبحيرات أو الأنهار أو البحار

الداخلية هـو المحيطات ، وذلك بعد أن تمـر المياه في مراحـل الدورة الطبيعية المسماة بالدورة الهيدرولوجية ، التي ذكرنا طرفا منها من قبل، وتتخذ المسطحات المائية على اليابس الأشكال الآتية :

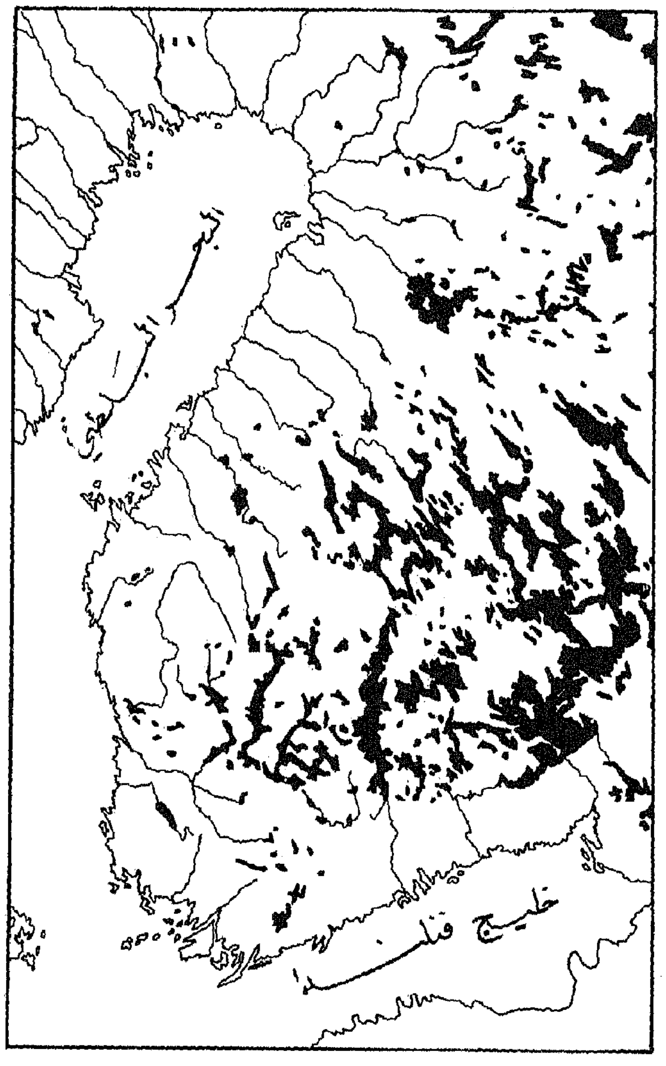
البحيرات : عبارة عن مسطحات مائية محـدودة الأبعاد علـى الارض اليابسة ، فهي من هذه الناحية أقـل أهمية بكثير من المسطحات الهائلـة للمحيطات والبحار ، ولكن أهمية الظاهرات الأرضية في الواقع لا يمكن قياسها بالحجم فحسب ، اذ أن بعض البحيرات أو مجموعات منها لهـا من الأهمية المحلية بالنسبة للانسان ما يفوق كل اعتبارات المساحة والعمق ، فبعض البحيرات تستخدم كمصدر لمياه الشرب ، ومورد للمـاء اللازم في الصناعة ، وبعضها يمثل طرقا سهلة للنقل ، أو مصائد هامة للأسماك ، فضلا عن كونها أماكن للترفيه والرياضة . ولذا فان مثل هذه البحيرات ترتبط بحياة السكان المحليين أكثر بكثير من ارتباطهـم بحياة البحـار المفتوحة والمحيطات .

البحيرات عشوائية في توزيعهـا على جهات سطح اليابس ، فهنـاك مساحات واسعة من بعض القـارات تكاد تخلو من البحيرات ، باستثناء بعض أنواع غير دائمة منها ، أو باستثناء بعض أنواع اصطناعية ، أي من صنع الانسان حين ينشيء السـدود في مجاري الانهار . فالبحيرات الطبيعية قليلة مثلا في قارة أمريكا الجنوبية وأستراليا ، وفي معظم قارة آسيا وافريقيا باستثناء شرقها الاوسط ، فلكي تتواجد البحيرات يلزم توافر عنصرين هامين ، الاول هو وجود منخفضات أرضية حوضية ليست لها مخارج الى البحر ، وان وجدت مثل هذه المخارج ، فينبغي ألا تكون عميقة دون قاع البحيرات حتى لا ينصرف من مائها أكثر من الايراد . والشرط الثاني توافر مصادر مائية بالقدر الكافي لنشأة المسطحات المائية في هذه المنخفضات وتغذيتها باستمرار وتعويض الفاقد ، والشرط الاخير يبين لنا بوضوح استحالة تكوّن البحيرات وبقائها بالجهات الجافة القليلة

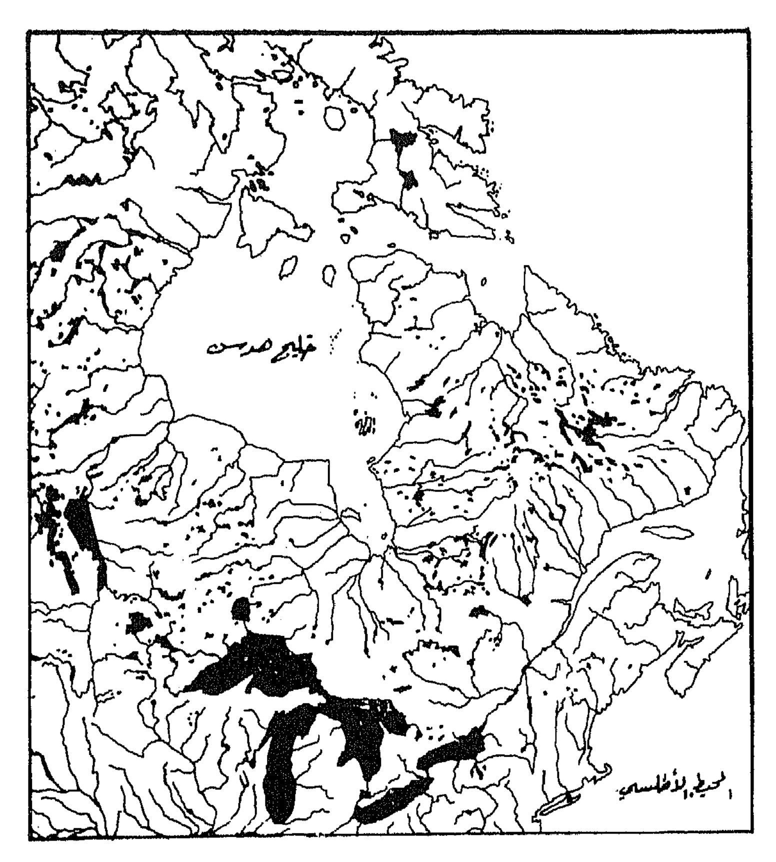
الامطار ، والعكس صحيح بالنسبة للبقاع الرطبة خاصة تلك التي تتميز بعدم انتظام سطح الارض .

ولكن مع هذا فالكثير من البحيرات التي تنشأ في مثل هذه الجهات الملائمة سرعان ما تصفى بفضل المجاري المائية الخارجة منها ، والتي تدأب على نحت مجاريها وتعميقها دون مستوى ماء البحيرات ، وأحيانا ينتهي الامر بالبحيرات الى الانطماء ، أي تردم بفضل ما تحمله اليها المجاري المائية التي تصب فيها من رواسب الطين والطمي ، بالاضافة الى نمو الحشائش وتكاثر الاعشاب والنباتات المائية ، التي تساعد على امتلاء أحواضها ، ورفع منسوب القاع باستمرار ، ومن ثم يقال بأن البحيرات من أقصر أشكال سطح الارض عمرا ، وأنها جميعا ان عاجلا أو آجلا مصيرها الى زوال .

أكثر بقاع سطح اليابس تمتعا بالبحيرات هي تلك الجهات التي تعرضت لزحف الجليد والثلاجات (الانهار الجليدية) في عصور جيولوجية حديثة ، على نحو ما أوضحنا سابقا ، ففي مثل هذه الجهات أدت عمليات النحت الجليدي في بعض المواضع الى حفر منخفضات مختلفة الابعاد في السطح ، كما أن الارساب الجليدي في مواضع أخرى قد ساعد على عدم انتظام السطح ، وكثرة ما به من حزون ومنخفضات ليست لها مخارج خفيضة ، وقد تصادف وجود هذه المنخفضات بأقاليم رطبة وفيرة المياه ، فتراكمت المياه بكميات هائلة كمسطحات مائية بالاجزاء المنخفضة ، مكونة العديد من البحيرات المختلفة الاحجام التي لم يمض بعد عليها الوقت الكافي - منذ تراجع آخر أدوار الجليد البلايستوسيني - لكي تنطمي أو لكي تصفيها الانهار الخارجة منها ، حيث أن مجاري هذه الانهار لم تعط الفرصة بعد لكي تعمق مجاريها الى مستويات دون مستويات قيعان البحيرات ، مثل هذه البحيرات توجد بالآلاف في شمال وغرب قارة أوروبا (شكل ٥٦) ، وبصفة خاصة في فنلندا ثم بالجزء الشمالي من قارة أمريكا الشمالية وخاصة في كندا (شكل ٥٧) ، حيث قد تزيد مجموع مساحة



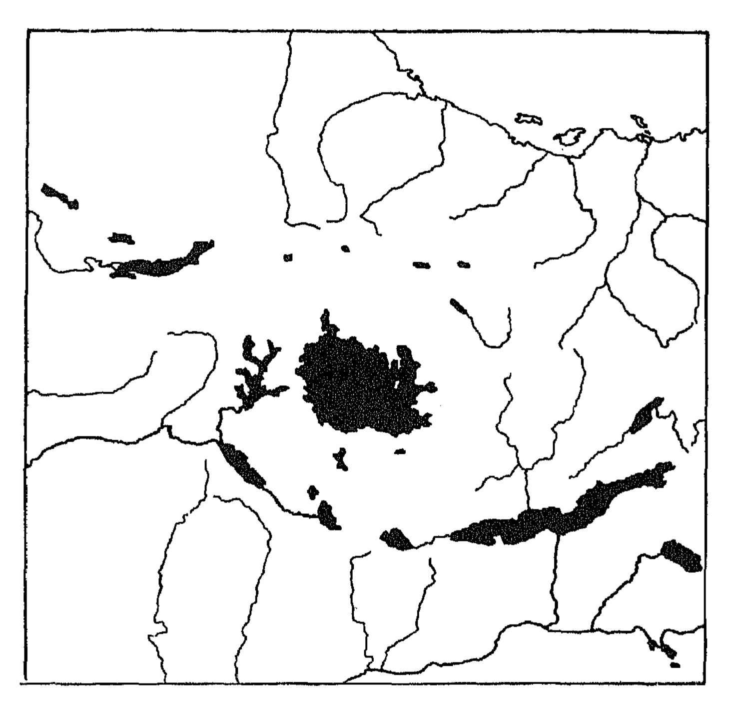
شكل (٥٦) بحيرات فنلندا



شكل (٥٧) البحيرات في كندا

البحيرات في مناطق واسعة منها عن مجموع مساحة السطح الجاف فيما بين البحيرات .

ترتبط بعض البحيرات في نشأتها بعوامل أخرى غير الجليد ، من ذلك مثلا بحيرات شرق أفريقيا الاوسط التي نشأ معظمها اما بسبب هبوط سطح الارض في مناطــق الخسف الأخدودي ، كالحال في بحيرة نياســا وتنجانيقا وألبرت وادوارد ورودلف (شكل ٥٨)، أو بسبب خروج طفوح



شكل (٥٨) بحيرات شرق افريقيا

من المواد البازلتية سدت منخفضات حوضية كالحال في بحيرة تانا ، التي يخرج منها النيل الازرق في اثيوبيا . وأحيانا قد تشغل البحيرات فوهات البراكين الخامدة كالحال في بحيرة كريترليك بشمال كاليفورنيا . كذلك توجد البحيرات في كثير من المناطق الرطبة ذات الصخور الجيرية القابلة للذوبان السريع في الماء ، ففي مثل هذه الجهات يساعد الذوبان على تكوين حفر ومنخفضات في سطح الارض ، لا تلبث أن تشغلها البحيرات كالحال في شمال شبه جزيرة فلوريدا .

بعض البحيرات عذب الماء ، وبعضها الآخر ماؤه ملح ، قد تزيد نسبة الملوحة به كثيرا عن ملوحة ماء البحر . فجميع البحيرات التي تخرج منها

أنهار تصرفهــا هي بحيرات عذبة ، كالحال في بحيرات النيــل بالهضبة الافريقية المعروفة باسم هضبة البحيرات ، والبحيرات العظمى بأمريكا الشمالية ، وبحيرة بيكال في جنوب سيبريا والبحيرات السويسرية . أما البحيرات التي تنتهي اليها المجاري النهرية ولا تخرج منها فهي بصفة عامة مالحة المياه كبحيرة تشاد في جمهورية تشاد الافريقية ، وجريت سولت ليك بولاية يوتا الامريكية ، وفان بشرق الاناضول وجازموريان بغرب ايران. مثل هذه البحيرات لا تنصرف الميــاه خارجة منها ، فتبقى حيث تفقد بالتدريج بواسطة عامل التبخر ، مما يؤدي الى ضياع الماء العذب بهذه الوسيلة ، واستقرار الاملاح التي تظل تتركز بها عاما بعد عام . ولعل أبرز مثال على ذلك البحر الميت ، الذي ينتهي اليه نهر الاردن والاودية المنحدرة اليه من كلا الجانبين من هضبة الخليل ونابلس وهضبة شرق الاردن ، ولكن لا يخرج من مياهه شيء الى خليج العقبة .

أما اذا كانت كمية البخر تزيد على ايراد البحيرة من الماء خلال فصول السنة أو بعضها ، فان أمثال هذه البحيرة لا تكون مسطحا مائيا مستديما ، بل تصبح في الغالب بحيرة فانية تظهر لتختفي ، ويطلق عليها في المعتاد اسم سبخــة playa كالحال في بحيرة أير الاسترالية وغيرها كثير بمناطق الصحارى الحوضية حول العالم .

الأنهــار :

من الجو يبدو سطح الارض في معظم جهات العالم بأعداد لا تحصى من المجاري والقنوات ، تظهر وكأنها الشرايين النافرة بالجسم ، هــذه هي الانهار التي هي عبارة عن أشرطة ضيقة من الغلاف المائي فوق اليابس ، تتراوح في أحجامها بين غدران وجداول صغيرة تشــق المناطق الجبلية الوعرة ، وبين أنهار عارمة تنحدر فوق سهول فيضية واسعة .

حيث يتمتع النهر بحوض واسع بمنطقة رطبة وفيرة الامطار ، فانه يكون مجرى دائما يفيض بالماء الذي يجري به على مدار شهور السنة ،

والعكس اذا كان حوض النهر محدود المساحة ، وكمية الامطار الساقطة عليه قليلة ، فان جريان المياه به يكون موسميا متقطعا ، والانهار صغيرها وكبيرها قد لعبت دورا هاما في تاريخ الانسان ، فمنذ أقدم العصور استقر الانسان على ضفاف الانهار طلبا للسقيا والغذاء ، وتيسيرا للاتصال ، كما عاش الانسان في الجزر النهرية المحاطة بالماء من جميع الجهات بقصد الحماية من أعدائه . وعند التقاء المجاري النهرية نشأت مراكز العمران التي تحولت الى نقط التقاء سبل النقل ، وبالتالي صارت مراكز للتجارة. نفس الشيء يقال عن التقاء الماء العذب بالماء الملح عند مصبات الانهار ، حيث نشأت الموانى النهرية المحيطية ، التي تتجمع فيها حاصلات الحوض النهري ، ليحملها البحر الى أقطار نائية .

ومند عصر الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر فضلت المراكز الصناعية المواقع النهرية بغرض الحصول على الماء اللازم للسكان وللصناعة ، فضلا عن امكانيات استنباط الطاقة الناتجة من سقوط الماء بالانهار في ادارة المصانع ، والانهار نوعان : دائمة بالجهات الرطبة ، وموسمية بالجهات الجافة .

انهار المناطق الرطبة :

بالاقاليم الرطبة تكون جميع المجاري المائية باستثناء أصغر الجداول الجبلية مجار دائمة ، ومع هذا فكمية المياه حتى في المجاري الرئيسية للانهار بهذه الجهات تتراوح من فصل لآخر تبعا لتوزيع الامطار على الحوض ، فعلى حين تكاد تفيض المياه ببعض الانهار في مواسم الجفاف ، نجد أن الفرق في كمية المياه الجارية بأنهار أخرى بين فصول السنة لايكاد يذكر ، وذلك متى كانت كمية الامطار موزعة على شهور السنة ، ومتى كانت المياه بالاحواض العليا لا تحتجز فترة الشتاء على شكل ثلج متجمد.

لكل قارة من قارات العالم أنهارها الكبرى الدائمة ، وجميع هذه الانهار تنبع من مناطق جبلية رطبة ، أو من قمم شاهقة تغطيها الثلوج ،

وبعد ذلك تخترق مجاريها مناطق وفيرة الامطار في معظمها . ولكن يستثنى من ذلك بعض الانهار الكبرى كالنيل ودجلة والفرات والكلولوراد والاردن الى حد ما ، فهذه الانهار تخترق مناطق صحراوية شديدة الجفاف في الشطر الاعظم من المجاري الدنيا ، حيث تفقد كميات هائلة من مياهها بالبخر والتسرب أثناء رحلتها في الصحارى الحارة ، ولا تعوضها الاودية الجافة التي تنحدر اليها عادة من الجهات المجاورة . ويطلق على الانهار في هذه الحالة اسم أنهار دخيلة ، لانها لا تنبع من البيئة التي تجري بها ، بل تستمد الماء من مصادر بعيدة . ولهذه الانهار الدخيلة أهمية بالغة من الناحية البشرية ، لانها كانت مراكز تجمع للسكان بمناطق جرداء منذ أقدم العصور ، ومن ثم كانت ضفافها بمثابة مهاد للمدنيات كالحال في النيل ودجلة والفرات .

المجاري النهرية بالجهات الجافة :

تختلف المجاري النهرية هنا عن الانواع السابقة اختلافا بينا ، فهي مهما عظمت أبعاد أحواضها ، وكثرت أعداد روافدها ، لا تجري الا في أوقات معينة . فتراها تارة جافة لا يسيل بها من الماء شيء ، وأخرى تفيض حتى لتغرق ما على جوانبها من عمران وطرق . لهذا كان من الواجب اتخاذ معايير خاصة بالمناطق التي تجري بها هذه الانهار للوقاية من أخطار السيول العارمة والفيضانات المفاجئة ، ويطلق على مثل هذه المجاري المائية أسماء محلية مختلفة في جهات العالم الجافة « فهي تعرف بالاودية في العالم العربي »/وباسم بحر بلاما في شمال أفريقية / والأرويو Arroyoo في الجهات الجافة من العالم الجديد ، حيث استوطن الاسبان والبرتغاليون.

ومثل هذه الاودية كثيرة التردد والتحول عن مجاريها من عام لآخر بفضل ما يرسب في قيعانها الدنيا بصفة خاصة من مواد فيضية ، تكوّن في المعتاد مراوح عظيمة في بعض الجهات . كما أن بعض الجهات الحوضية المنخفضة التي ينتهي اليها عدد كبير من هذه المجاري تنشأ بها سبخات

تغطيها المياه المالحة بصفة مستديمة أو مؤقتة . يلاحظ أن أهمية الكثير من هذه الاودية لا ترجع الى ما يجري بها من ماء فوق سطح الارض ، بل فيما يتسرب من مياهها تحت السطح بمناطق الدالات المروحية ، التي نبنيها عند مخارجها من النطاقات الجبلية . ويستطيع الانسان أن يحصل على هذه المياه المتسربة من خلال الآبـــار التي يحفرها بتلك الدالات للحصول على الماء الجوفي العذب، لاستخدامه في الزراعة بحقوله وحدائقه، أو للشرب بمدنه وقراه . هذا ينقلنا بالتالي لمناقشة الجزء المستتر من الغلاف المائي تحت سطح الارض ونعني بذلك المياه الباطنية .

المياه الباطنية :

ينبغي أن نشير هنا الى أن دورة المياه التي تبدأ من المحيط وتتم بعيدا عنه لتعود اليه مرة أخرى في نهاية مطافها ، تساعد على تسرب بعض الماء خلال حبيبات التربة وشقوق الصخر فيستقر في باطن الارض ، ويسري ببطء فيها متجها الى البحر حيث ينصرف .

فالمياه التي تزال من المحيط بواسطة التبخر تعود اليه بأحد طريقين : الاول سطحي وهو الاغلب ، أي بواسطة الانهار التي تنصرف الى البحار . أما الطريق الآخر فهو أبطأ ، أي عن طريق الرشح خلال الطبقات المسامية الخارجية من القشرة الارضية ومنها الى البحر ، فالمياه الجوفية اذن هي القسم المستتر من رحلة المياه في الدورة الهيدرولوجية العامة ، وكثيرا ما تخرج هذه المياه الى السطح تحت ضغط هائل على شكل ينابيع أو عيون تنساب مياهها تلقائيا ، وتعرف باسم الآبار الارتوازية ، وأحيانا يمكن الحصول على هذا الماء بواسطة انزال الآبار الى الطبقات الحاملة له ، وهذا يتطلب رفعا بواسطة وسائل الرفع المختلفة .

وللمياه الجوفية استخدامات شتى ، فبعض العيون المعدنية كالعيون الكبريتية في حلوان ، وبعض الينابيع الحارة كالحمة الاردنية والسورية كلها ذات ميـــاه لها قيمة في الاستشفاء من بعض الامـــراض ، ولبعض

الاحواض الارتوازية كحوض لندن والحوض الارتوازي العظيم باستراليا، أهمية في الحصول على ماء الشرب في مدينة لنـدن ، وسقيا الماشية في استراليا ، وجميع الواحات في الصحارى تستمد حياتها الزراعية ، ويقوم اقتصادها على ما تحت أراضيها من مخازن للماء الجوفي .

استخدام الماء :

١ ـ الاستعمال اليومي :

يندر أن يقدر سكان المدن ممن يحصلون على الماء في يسر بمجرد ادارة يد الصنبور أهمية هذا العنصر الحيوي الا اذا انقطعت المياه لسبب طارىء، وربما كان سكان الريف الذيـن يضطرون لجلب الماء من الانهـار أو القنوات ، ويحملونه مسافات بعيدة الى مساكنهم وقراهم ، أكثر وعيـا وتقديرا لقيمة هذا العنصر الحيوي للمعيشة. وحتما فان سكان الصحارى، والمناطق شبه الجافة أيضا ، من الذين يرفعون الماء من آبار عميقة في باطن الارض ، هم أكثر سكان الارض قاطبة اهتماما وانشغالا بالماء ومصادره ، وكيفية الحصول عليه ، والمحافظة على مـوارده ، واختزانه كأثمن سلعة .

ويقدر أن الشخص الواحد من سكان المناطق الريفية يستهلك يوميا ما يتراوح بين ١٠ و ٥٠ جالونا ، ولا يدخل في هذا القدر بطبيعة الحال ما يستهلك الحيوان بالمناطق الريفيـة في الشرب ، وقد قدر أن معدل استهلاك الرأس الواحد من الحيوان نحو ١٥ جالون يوميا . أما في المدن فان كمية الاستهلاك اليومي من المياه يرتفع معدلها كثيرا بالنسبة للشخص، ليصل الى ١٠٠ جالون ، وهذا الرقم يعطينا فكرة عن كميات المياه الهائلة التي تتطلبها المدن المليونية الكبرى ، خاصة اذا كانت تستورد الماء من مصادر بعيدة كمدينة لوس أنجلوس في جنوب كاليفورنيا ، حيث تنقل اليها المياه في أنابيب عبر مناطق وعرة مسافة ٤٨٠ كيلو مترا ، اما من نهر كولورادو أو من جبال سيرانيفادا . نفس الشيء ينطبق على بعض مدننا

كعمان والقدس ، ولو أن مصدر المـاء لهاتين المدينتين ليس من البعد بالقدر الذي أوضحنا بالنسبة للوس أنجلوس . أما المدن الواقعة على قنوات نهرية رئيسية ، سواء بمناطق جافة أو رطبة ، فانها لا تعاني من هذه المشكلة ، كالحال بالنسبة للقاهرة و بغداد .

٢ ـ الاستخدام الصناعي :

الصناعة مستهلك كبير للماء ، خاصة بمراكزها الكبرى ، حيث تدخل المياه في استخدامات شتى ، كالتبريد ، ومثـال ذلك صناعة الحديـد والصلب . أو عندما يدخل الماء في الغسيل ، كالحال في صناعة الأصباغ والمنسوجات ، أو اذا كان المـاء هو المادة الخام كصناعة المشروبـات والاغذية، أو كمصدر لتوليد البخار في الغلايات، وغير ذلك من الاغراض. وللدلالة على ذلك نضرب مثلا بمدينة شيكاغو التي تستهلك يوميا مايقرب من ١½ مليون جالون في الصناعة وحدها ، ويقدر أن صناعة طن واحد من الفولاذ تتطلب ٦٥ ألف جالون من المـاء ، لهذا شرعت بعض المراكـز الصناعيـة في استخدام ميـاه البحر المالحة ، بعد خلطهـا بمياه المجاري المرشحة ، في أغراض التبريد بالمصانع التي تتطلب قدرا كبيرا من الماء لهذا الغرض .

٣ ـ الـري :

كثير من بقاع الجهات الجافة بيئات صحية لمعيشة الانسان ، فالارض بمثل هذه البقاع يمكن أن تغل محصولا وفيرا متى توافر الماء للري . هذه الحقيقة التي ندركها جيدا نحن سكان المناطق الجافة من العالم ، يكاد لا يحسها معظم السكان بكثير من جهات قارة أوروبا ، حيث الامطار كافية لقيام الزراعة . ولذا أخفق المستعمرون الذين استوطنوا مبكرا بعض جهات غرب أمريكا الشمالية في زراعـة مساحات واسعة ، حتى تعلموا وسائل ري الارض من جيرانهم المستعمرين الاسبان ، الذين نقلوا هـذه

الوسائل بدورهم عن العرب ، بعد اتصالهم بهم في الاندلس وشمال غرب أفريقيا .

فالارض التي لا يسقط ماؤها من السماء ، يمكن في بعض الاحيان توصيله اليها من نهر ناء ، كما يمكن أن يرفع اليها من باطنها . وحاجة العالم المتزايدة الى الغذاء اذا كانت تقدر بعدد معين من ملايين الاطنان من القمح والأرز والذرة وغيرها ، فانها يمكن أن تترجم الى عدد معين من بلايين الامتار المكعبة من الماء العذب للري ، فالارض اذن موفورة ، والمناخ من حيث الحرارة وسطوع الشمس مناسب ، والتربة موجودة ، ولكن الماء هو المشكلة . أراضي مصر كلها ومعظم العراق والدول العربية وجنوب كاليفورنيا وشمال السودان ومساحات واسعة بجنوب غرب أستراليا وباكستان الغربية وغيرها كثير ، كلها تعتمد على الري . ولكن ينبغي أن نشير هنا الى أن الري لم يعد قاصرا على الجهات الجافة وشبه الجافة فحسب ، بل حتى في المناطق الرطبة يستخدم الري في نطاقات واسعة من الاراضي الزراعية حول المدن الكبرى ، حيث يساعد ذلك على سرعة نضوج ووفرة المحصولات من الخضروات التي تستهلك بالمدن ، ويقدر أن نحو ٤٠٪ من كمية المياه المستعملة بالولايات المتحدة الامريكية تستهلك الآن في ري الارض .

٤ ـ مصدر الطاقة :

الجهات التي افتقرت الى الفحم ، عماد النهضة الصناعية منذ الثورة الصناعية ، استطاعت الاستعاضة عنه بما يسمى عادة بالفحم الابيض ، ويقصد بذلك الطاقة الكهربائية ، التي يمكن توليدها من سقوط المياه . مثال ذلك صناعات شمال ايطاليا وسويسرا والسويد . كذلك كان توافر هذا المصدر للطاقة بالمناطق التي توجد بها الغابات المخروطية عاملاأساسيا في نشأة الصناعات المتعلقة بنشر الاخشاب وصناعة لب الورق منها ، هذا ينطبق على كندا والنرويج وشمال روسيا ، فالانهار الجارية يمكن أن

تكون شرايين للطاقة كما هي شرايين للحيـــاة والمواصلات ، وذلك اذا أحسن اقامة مشروعات الخدمة في المواقع المناسبة من مجاريها ، حيث تقع محطات توليد الطاقة التي يسهل بعد ذلك توصيلها الى مراكز استهلاكها . وقد عرف الانســـان قوة سقوط الماء منذ عصور مبكرة ، حين استخدم قوة السقوط في ادارة طواحين الغلال ، ولكن التوسع الحقيقي في استخدام هذه القوة لم يبدأ سوى بعد امكان تحويلها الى كهرباء سهلة التوصيل .

٥ ـ مصدر للغذاء والخامات :

الغلاف المائي للارض مصدر لغذاء الانسان بفضل ما ينتجه من أسماك وأعشاب بحرية وكائنات مائية أخرى . وهناك اعتقاد سائد لدى الكثيرين أن البحار والمحيطات سوف تصبح مصدرا متزايد الاهمية في امداد البشر بالغذاء ، في الوقت الذي ترهق فيه مواردنـــا الارضية ، من استمرار استنزافها . وقد أشرنا من قبل الى أهمية مياه البحار في هذا وفي نواحي أخرى ، خاصة باستخراج الاملاح والمعادن ، فضلا عن ذلك هناك خامات حيوانية كثيرة كاللؤلؤ والاسفنج وزيوت الحيتان وجلود وفراء الفقمه ، وكلها خامات من خيرات البحر .

فضلا عما سبق أشرنا أيضا الى أهمية المحيطات والبحار كوسط سهل لنقل الانسان وخاماته على أديمه ، ولا تقل الانهار والبحيرات عن البحار أهمية في هذا المضمار ، بل ان لبعض الانهار من كبر الأبعاد ما يمكن السفن المحيطية من الوصول مئات الكيلومترات داخل القارات ، كالحال في نهر الأمزون وسنت لورنس . وأخيرا ينبغي أن نشير الى قيمة الغلاف المائي في الترويح والترفيه ، فشواطىء البحار والبحيرات مقصد ملايين البشر ممن ينتجعون الراحة والاستجمام .

الفصل الثامن

المناخ

المناخ أحد الضوابط الهامة التي ينعكس أثرها مباشرة على حياة الانسان ، سواء فيما يأكل أو يرتدي أو يسكن ، وعلى الرغم من أن خضوع الانسان لعناصر الجو يقل في المجتمعات البشرية المتقدمة حضاريا، الا أن هذا لا يعني التحرر تماما من سلطانه ، فأنواع الانتاج الزراعي والحيواني والنباتات الطبيعية ، كلها من صنع المناخ في المقام الاول ، بالاشتراك مع عدد من العناصر الطبيعية الاخرى ، ولكي نوضح ذلك أكثر يكفي أن نتذكر بأنه على الرغم من التقدم التقني في مجالات العلوم الطبيعية والتطبيقية ، فان مساحات شاسعة من سطح الارض بالصحارى المدارية والقطبية ، كذلك مناطق الغابات الاستوائية ، ما زالت كلها نادرة السكان ، بسبب قلة ملاءمة ظروف المناخ للحياةالبشرية أو الانتاج، وحتى اليوم - ليس في مجال الزراعة فحسب - بل في نواحي النشاط التجاري والعسكري أيضا ، ما زالت لظروف الطقس آثار على ممارسة هذه النشاطات كما كان الامر منذ قرون خلت .

هناك فرق بين تعبيرين رئيسيين هما الطقس والمناخ ، فالطقس weather هو حالة الغلاف الهوائي في بقعة ما خلال فترة زمنية قصيرة ، أما المناخ فهو climate معدل حالات الطقس على طول فترة زمنية طويلة ،

مداها شهور أو فصول من السـنة ، فيقال حالة الطقس في هـذه البقعة اليوم .... ولكن يقال حالة المناخ في نفس البقعة صيفا أو شتاء .

الغلاف الهوائي : atmosphere :

الغلاف الهوائي عبارة عن خليط من الغازات ، التي تحيط الكرة الارضية لمسافة كيلومترات عديدة ، تعمل جاذبية الارض على الابقاء عليه ، وعدم تبدده في فضاء الكون ، وكالحال في تخلخل كثافة الموادالمكونة لجسم الارض من مركزها نحو الاطراف ، يتخلخل الغلاف الهوائي بالبعد عن سطح الارض ، فأكثف الطبقات الهوائية توجد على مستوى سطح البحر ، وتتناقص الكثافة سريعا بالابتعاد عنه رأسيا ، لدرجة أن نحو ٩٧٪ من وزن الغلاف الغازي للارض يشغل حيزا لا يزيد على ٣٠ كيلومترا فوق سطح البحر .

الهواء النقي الجاف مادة لا لون لها ولا رائحة ، تتألف في معظمها من غاز النيتروجين بنسبة ٧٨٪ ، مع ٢١٪ من الحجم أكسجين ، أما الواحد في المائة المتبقية فتشتمل على العديد من الغازات ، من بينها ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٠,٠٣٪ ، وهو على الرغم من قلة حجمه الا أنه بالغ الاهمية بسبب قدرته على امتصاص الاشعة الحرارية الآتية من الشمس والارض ، وبفضله تحتفظ الارض حول جسمها بنطاق حراري ملائم ، وفي غضون الخمسين كيلومترا السفلى من الغـلاف الغازي ، تمتزج هذه الغازات مكونة الهواء ، الذي يتميز بخصائص طبيعية معينة ، بحيث يبدو كأنه غاز واحد .

ويحتوي الهواء على نسبـة من غاز بخار الماء ، وهو عديم اللـون والرائحة أيضا ، ويختلط جيدا مع العناصر الاخرى للهواء ، ويطلق على درجة تواجد هذا الغازالهام بالهواء تعبيرالرطوبة humidity ، والبخار على الرغم من قلته نسبيا أيضا ، الا أنه أحد المركبات الفعالـة في الغلاف الغازي ، فهو حين يتكاثف يكون السحب والضباب ، فاذا زاد التكاثف عن

حد معين تكونت قطرات المطر وبللورات الثلج وكرات البرد فيما يعرف باسم التساقط. وحيثما تقل نسبة البخار في الهواء تسود ظروف صحراوية قاسية ، وبالاضافة الى كونه عنصرا هاما للحياة على وجه الارض ، فان بخار الماء في الهواء يلعب دورا مشابهـا لدور ثاني أكسيد الكربون ، باعتباره أحد المركبات القابلة على امتصاص موجات الاشعاع الحراري التي تخترق الغلاف الغازي من مصدرها الشمسي ، وهو فضلا عن هذا يضرب نطاقا عازلا حول الكرة الارضية يسمح بمرور الاشعة الشمسية ، ويمنع تسرب الطاقة الحرارية من سطح الارض الى الفضاء بسرعة .

بالاضافة الى ما سبق يشتمل الغلاف الغازي على جسيمات صغيرة من الغبار ، ترى سابحة في الهواء بالملايين عنـد دخول شعاع ضوئي غرفة معتمة ، هذه الجسيمات من الصغر وخفة الوزن بدرجة تمكنها من البقاء عالقة بالهواء . أما مصادرها فتتعدد ، منها ما تحمله الرياح من السهول الصحراوية الجافة ، ورواسب البحيرات القديمة ، والشواطىء الرملية ، ومنها ما ينبعث مع مقذوفات البراكين المتفجرة ، كما أن بعضها ما هو الا حبيبات وبللورات ملحية دقيقة ، حملها الهواء من رشاش الامواج عبر البحار والمحيطات ، كذلك فان أحد مصادر هذه الغبار ما يعرف بالغبار الكوني ، الذي ينتج عن توهج الشهب والنيازك حينما تحتك بالطبقات العليا من الغلاف الغازي .

وللغبار بالهواء آثار واضحة ، لعل أبرزها وان لم يكن أهمها حدوث الشفق بأضوائه الارجوانية عند الشروق والغروب ، ولكن أهم من ذلك بكثير هو أنه يعكس أشعة الشمس فيبدو ضوؤها منيرا للافق ، وبالنسبة للمناخ فان بعض أنواع جسيمات الغبـار تتميز بالقدرة على تجميع الرطوبة حولها ، مكونة بذلك ما يشبه النوايا التي تسبب التكاثف ، وتمهد لظهور السحب ، وتبدو هذه الظاهرة بوضوح أشد في سموات المدن الصناعية بصفة خاصة، حيث تنطلق من مداخن المصانع أنواع من الغبار،

من مواد كيماوية تجمع الرطوبة في قطرات مجهرية ، متى تكاثفت تعطي الجو لونا أزرقا مغبرا على البعد .

عناصر الطقس والمناخ :

العناصر الاربعة الرئيسية للطقس هي :

١ ـ حرارة الهواء .

٢ ـ الضغط الجوي .

٣ ـ الرياح من حيث سرعتها واتجاهاتها .

٤ ـ الرطوبة الجوية .

وجميع هذه العناصر يمكن قياسها ، ومن مجموعها يمكن اعطاءصورة وصفية متكاملة عن حالة الطقس ، أما المناخ فيتألف أيضا من هذهالعناصر الاربعة ، ولكن على شكل معدلات لفترات زمنية طويلة ، تمكن من الخروج بقواعد عامة عن الاحوال السائدة .

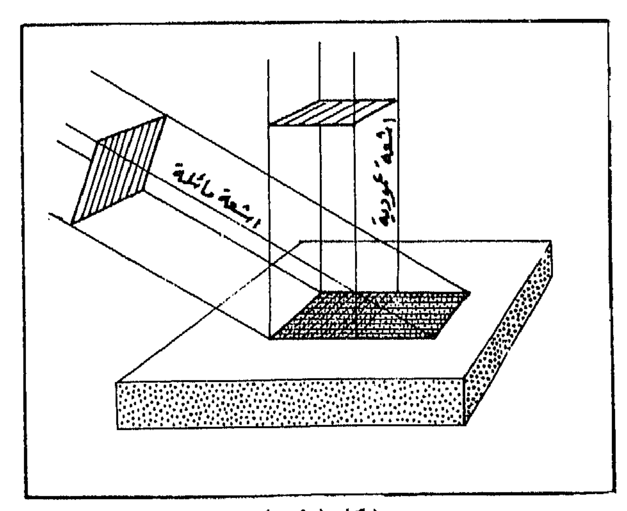
الحـرارة

الاشعـاع Insolation :

يستمد سطح الارض وغلافها الهوائي الحرارة من الشمس بواسطة الاشعة ، التي تحمل اليهما الطاقة على شكل موجـات مختلفة الاطوال spectrum ، ولكنها جميعا تسافر بمعدل ١٨٦ ألف ميل فيالثانية. وتتساوى كمية الطاقـة الشمسية الواصلة الى أطراف الغـلاف الغازي العليا ، وتتجانس في توزيعها على بقاعه جميعا ، وهي بمعدل سعرين calories حراريين على السنتيمتر المربع الواحد من السطح الذي يتلقى أشعة عمودية في الدقيقة الواحدة ، وعندما تدخـل الاشعة الشمسية النطاق الخارجي من الغلاف الغازي ، فانه يمتص ما بها من الاشعة السينية ،

وأشعة جاما gamma ، وغيرها من الموجات الاشعاعية القصيرة ، المعروفة باسم الاشعة فوق البنفسجية ، وعندما تصل الاشعة في مسارها خلال الغلاف الهوائي ارتفاعا يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ كيلومترا من سطح الارض ، فان معظم ما تبقى من الاشعة فوق البنسجية تمتصه جزئيات الأوزون ozone ، وهي جزئيات خاصة من غاز الاوكسجين ، تتكاثر بشكل غير عادي في ذلك النطاق ، ومن ثم فانه لا ينفذ الى ما دون ذلك سوى الاشعة الطويلة الموجات ، والطاقة الضوئية ، وهي على وجه التقريب تعادل نحو نصف الطاقة الاصلية الواصلة الى أطراف الغلاف الهوائي .

ويتحكم في توزيع الطاقة الحرارية الواصلة الى سطح الارض عاملان هما زاوية التقاء الاشعة المنبعثة من الشمس مع سطح الارض ، ثم طول المدة التي تبقى فيها الشمس فوق الافق ، أي طول النهار . أما من حيث العامل الاول فنلاحظ أن الحزمة من الاشعة المتوازية متى سقطت بزاوية ميل على السطح ، فانها تخترق حيزا أطول قبل أن تصل من مصدرها اليه ، ومتى وصلته انتشرت على مساحة أكبر ، بعكس الاشعة العمودية التي تخترق مسافة أقصر ، وتسخن مساحة أضيق (شكل ٥٩) . وإذا



شكل (٥٩)
الاشعة المائلة والاشعة العمودية وأثرها في تسخين سطح الارض

طبقنا هذا على سطح الارض لوجدنا أن الجهات الاستوائية التي تتلقى أشعة قريبة من العمودية على مدار السنة ، هي أعلى بقاع سطح الارض حرارة ، أما الجهات القطبية التي تتلقى أشعة مائلة فانها أقل البقاع حظا من

أما العامل الثاني فيبدو أثره واضحا في اختلاف طول النهار تبعا لفصول السنة ، فحرارة الصيف فضلا عن أنها نتيجة لوصول أشعة قليلة الميل ، لتعود الى طول النهار ، أي مدة ظهور الشمس فوق الافق ، وبناء على هذا فانه من الناحية النظرية ، يمكن القول بأن الجهات الواقعة على درجات عرض واحدة ، تكتسب كميات متساوية من الطاقة الحرارية .

كيف يكتسب الهواء حرارته :

يتم تسخين الهواء بفضل الطاقة الشمسية من خلال عمليات معقدة ، وبطريقة غير مباشرة ، بعكس ما قد يتبادر الى الذهن للوهلة الاولى ، فالاشعة التي تصل الى الطبقات السفلى من الهواء ، لا تنجح كلها في الوصول الى سطح الارض لسببين : الاول هو انكسار هذه الاشعة ، وتبدد الكثير منها بمرورها بين جزئيات الغاز والغبار والبخار وقطرات الماء في السحب والضباب ، وبالتالي فان نحو ٣٥٪ من جملة الاشعة التي تدخل هذا النطاق ، تضيع بواسطة الانعكاس والتبدد في الفضاء . أما السبب الثاني فهو أن الغلاف الغازي يمتص نحو ١٩٪ من الطاقة الاشعاعية المارة به مباشرة ، بفضل وجود غازي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ، ولذا فان نحو ٤٦٪ فقط من الطاقة الاشعاعية يصل الى سطح الارض ، ولكن هذا الرقم عبارة عن معدل ، وغالبا ما يختلف الامر من موضع لآخر ، حسب درجات العرض والفصول ، وحسب كمية بخار الماء في الهواء أو السحب ، ففي الايام الغائمة أو العالية الرطوبة يكون الفاقد بالانعكاس والتبدد أعظم ، بعكس الايام الصافية الجافة . جزء من الطاقة الشمسية التي تصل سطح الارض ينعكس مرة أخرى الى الهواء ، ويقدر هذا الجزء

بنحو ١٠٪ ، وما يتبقى بعد ذلك يسخن سطح الارض لعمق قليل ، سواء كان هذا السطح ماء أم أرضا يابسة .

خلاصة القول فان تسخين الهواء يتم بوسيلتين هما الامتصاص المباشر لأشعة الشمس ، التي تخترق الهواء في طريقها من الشمس الى الارض ، أما المصدر الأهم فهو الاشعاع الارضي ، وذلك بعد أن يسخن السطح الذي يمرر جزءا من حرارته بعد ذلك للهواء . ويختلف الاشعاع الارضي في كميته تبعا لطبيعة السطح ، فالماء أو الجليد يعكسان الاشعة أكثر من الصخور أو الاسطح المغطاة بالنبات ، وحينما تصل هذه الاشعة المنعكسة للهواء ، فانه يفقد بدوره جزءا منها الى الفضاء في عملية تختلف عن طبيعة الانعكاس ، ويستمر هذا الفقدان من جانب الارض والهواء أثناء الليل ، حين تغيب الشمس مصدر الحرارة ، وكلما صفت السماء ، وقلت كمية الغبار بالهواء كان الفاقد أعظم ، وهذا يفسر لنا شدة برودة بعض ليالي الشتاء ، حينما تصفو السماء ، فيتكون الصقيع نحو نهاية الليل .

ويتم تسخين الهواء عن طريق الاشعاع الارضي بالوسائل التالية :

أ ــ بطريقة التوصيل conduction ، وذلك حين يتلامس جسمان يختلفان في درجة حرارتهما ، فان الحرارة تنتقل من الجسم الاعلى حرارة الى الجسم الآخر .

ب ــ بواسطة تيارات الحمل أو التصعيد convection ، فالهواء الملامس لسطح الارض عندما يكتسب حرارتها فيسخن ، ويخف وزنه ، يصعد الى أعلى ، ليحل محل هواء بارد أثقل ، وأثناء صعود التيار الساخن يفقد حرارته للوسط الهوائي الذي يمر به فيبرد ، ليعود فيهبط ، وهكذا تنتشر الحرارة من سطح الارض رأسيا خلال كتل الهواء التي تتحرك فتحملها الى طبقات أعلى .

الفرق بين اليابس والماء :

تختلف قدرة كل من اليابس والماء من حيث تقبل الطاقة الحرارية ومن

حيث فقدانها ، والقاعدة العامة هي أن السطح اليابس يسخن بسرعة تحت أشعة الشمس ، في حين يسخن سطح الماء ببطء ، ولكن من ناحية أخرى يفقد سطح اليابس حرارته بنفس السرعة ، فيبرد حين ينقطع عنه المدد من أشعة الشمس ، بينما يفقد سطح الماء حرارته في بطء ملحوظ ، ولهذا كانت المفارقات الحرارية عظيمة المدى فوق البقاع اليابسة من سطح الارض ، بعكس المسطحات المائية التي يضيق مداها الحراري كثيرا ، وسبب هذا التباين هو أن الماء جسم شفاف يسمح بنفاذ الاشعة خلال حيز واسع منه ، وبالتالي تتوزع طاقتها ، أما سطح اليابس فليست له هذه النفاذية ، ولذا تتركز الطاقة الواصلة اليه في حيز محدود ، فترتفع حرارته بالقياس للماء . ومن ناحية أخرى فان طبيعة الماء كسائل ، وما به من حركة التيارات والامواج ، تعمل على نشر الطاقة الحرارية في كتل هائلة من الماء ، بعكس سطح اليابس المستقر ، كذلك فالماء متى سخن ، زادت سرعة عملية التبخير ، التي تستمد الطاقة اللازمة من السطح ، فتعمل على تبريده ، وهذا ما لا يتعرض له سطح اليابس الا متى بلل بالماء. وأخيرا فان مايلزم مسطحا مائيا ما ، لكي يسخن بمقدار درجة مئوية واحدة ، يعادل خمسة أمثال الطاقة اللازمة لتسخين نفس المسطح من الارض اليابسة ، ولذا فانه لو سلط مصدران حراريان متساويان في القوة على مسطحين من ماء ويابس ، يسخن اليابس بسرعة قبل أن يتأثر الماء بالحرارة .

على النقيض من ذلك ، يفقد اليابس حرارته بسرعة أثناء الليل ، أو في فصل الحرارة الصغرى ، في حين يفقد الماء حرارته المكتسبة في كلتا الحالتين ببطء ، ولذا كانت المناطق القارية النائية عن البحار عرضة للتباين في حرارتها بين الليل والنهار، وبين الصيف والشتاء ، بينما تتميز المسطحات المائية والجهات الساحلية بالاتزان وضيق المفارقات .

قياس الحرارة :

تقاس الحرارة وغيرها من عناصر الطقس في محطات أرصاد خاصة ،

في نقط مختارة ، معروف منسوبها وموقعها الفلكي بدقة ، وتجهز كل محطة بغرفة خشبية صغيرة ، على شكل صندوق مغطى ، به فتحات يمر منهـا الهواء ، ولكن لا تدخل منها أشعـة الشمس مباشرة لتسقط على الاجهزة المستخدمة ، وهي عـادة تتألف من مجموعة من الترمومترات ، زوج منها يستخدم لقياس درجات الحرارة العظمى والصغرى ، وآخر آلي يسجل درجات الحرارة في جميع الاوقات ، والترمومتر في أبسط صورة عبارة عن أنبوبة زجاجية ، ينتهي أحد طرفيها بانتفاخ كروي على شكل مستودع ، يوضع بداخله زئبق والطرف الآخـر مغلق ولما كان الزئبق – شأنه في ذلـك شأن السوائل الاخرى – يتمدد بالحـرارة وينكمش بانخفاضها ، فان ارتفاع الزئبق في أنبوبة الترمومتر فوق الانتفاخ يحدد درجة حرارة الجسم الملاصق للمستودع كالهواء أو جسم الانسان أو أي جسم آخر سائل أو صلب .

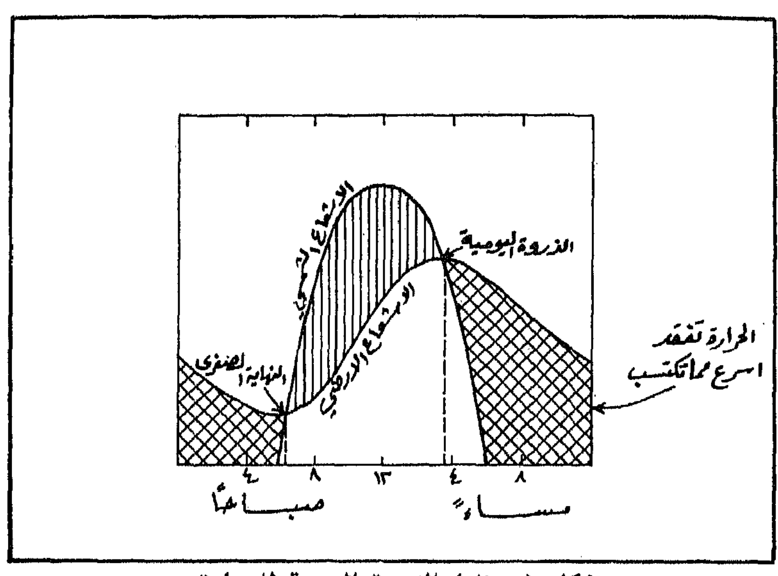
وفي الترمومتر المئوي درجة تجمد الماء النقي صفر ، ودرجة غليانه ١٠٠ م عنـد مستوى سطح البحر ، أما بالنسبة للترمومتر الفهرنهيتي Fehrenheit فالدرجتين المناظرتين هما ٣٢° ، ٢١٢° ف على التوالي . وقد يستخدم الكحول بدلا من الزئبق في بعض الترمومترات المستخدمة بمناطق شديدة البرودة ، تجنبا لاحتمال تجمد الزئبق عند درجة –٣٨,٧° ف أو –٣٩,٣° م ، بينما يتجمد الكحول في درجات حرارة دون ذلك بكثير .

وتسجل درجات الحرارة في الظل ، وينبغي أن يراعى وضع المحطة في مكان بعيد عن المباني حتى لا تتأثر الأجهـزة بالحرارة المنعكسة منهـا ، وحتى يسمح بمرور الهواء مرورا حرا ، اذ أن درجة الحرارة التي تقاس هي حرارة الهواء في الظل ، وليست أشعة الشمس .

الدورة الحرارية اليومية : Daily cycle of air temperature :

لو أننا سجلنا درجات الحرارة التي يعينها ترمومتر عادي للهواء مـرة كل ساعة أو نصف ساعة خلال ٢٤ ساعة ، ووقعنا ذلك على ورقة بيانية ،

لكانت النتيجة منحنى بياني عادي ، يبــدأ من نقطــة معينة ، ويرتفع الى ذروة ، ثم يعود الى نقطة البداية أو قريبا منها (شكل ٦٠) . ولكن أهــم



شكل (٦٠) الدورة اليومية للحرارة

ما يلاحظ أن هذا المنحنى سوف يفترق عن المنحنى الذي يحدد كمية الطاقة الصادرة من الشمس الى البقعة التي يجري عندها القياس ، فابتداء مــن لحظة الشروق تتزايد كمية الاشعاع الشمسي تدريجيا حتى تبلغ الذروة عند الظهر تماما ، حينما تكون الأشعة الصادرة عن الشمس عمودية ، أو أقل ميلا عن أي وقت آخر خــلال اليوم . وبعد الزوال مباشــرة يتضاءل الاشعاع تدريجيا حتى يعود الى أدنى نقطة لحظــة الغروب ، أمــا منحنى الحرارة اليومي للهواء فانه سوف يرتبط بحالة التوازن بين الوارد مــن الأشعة الى الارض ، وما يصدر عنها من الطاقة الى الهواء بعد ذلك .

فمنذ شروق الشمس حتى الساعة الثانية بعد الظهر تقريبا ، يكون الوارد أكثر من الصادر ، وبالتالي ترتفع درجة الحرارة تدريجيا تبعــا

لذلك ، ولا تتواقع الذروتان اذ أن ذروة الطاقة الصادرة عن الارض تتأخر ساعتين أو نحو ذلك بعد مرور ذروة الاشعاع الشمسي وقت الزوال ، والسبب في هذا يعود الى أن الارض لا تعطى طاقتها العظمى الا بعد أن تكون قد تلقت هذه الطاقة من الشمس عند الظهر ، وبعد الساعة الثانية أو الثالثة مساء ، وحتى شروق شمس اليوم التالي ، تكون كمية الأشعة القادمة من الشمس أقل من كمية الأشعة الصادرة عن الارض، وبالتالي يهبط المنحنى بسرعة ، خاصة بعد الغروب ، فتصل الحرارة حدها الأدنى قبيل شروق الشمس .

الدورة الحرارية السنوية Annual cycle :

للحصول على بيانات احصائية عن درجات الحرارة لفترة أطول من اليوم الواحد ، يؤخذ ما يعرف باسم المعدل الحراري لليوم الواحد ، ثم تجمع هذه المعدلات للفترة الزمنية المطلوبة ، ثم يستخرج معدلها . أما المعدل اليومي فهو عادة مجموع القراءات اليومية مقسوما على عددها ، فاذا أخذ هذا المعدل على مدار أيام السنة ، ثم استخرج معدل العدد من السنين ، ووقعت النتائج على ورقة بيانية لحصلنا أيضا على منحنى حراري سنوي يشبه الى حد كبير المنحنى اليومي ، فالذروة تقع في أحر شهور السنة ، أي عندما تكون كمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى الارض في أوجها ، وينخفض المنحنى على كلا جانبي الذروة ، ولكن في الواقع كثيرا ما تتأخر الذروة شهرا أو نحو ذلك عن ذروة طاقة الاشعاع ، على نحو ما تأخرت الذروة بالنسبة للمنحنى اليومي عن ساعة الزوال ، كما قد تتأخر النهاية الصغرى قليلا عن موعد المستوى الأدنى لطاقة الاشعاع على نفس النسق ، لان الارض تكون ما زالت تصدر طاقتها وتفقدها لفترة أخرى ، حتى بعد أن تأخذ الطاقة الواردة اليها في التزايد .

هذا بالنسبة لمناطق اليابس ، أما فيما يختص بالمسطحات المائية ، فان النهايتين الصغرى والكبرى تتأخران شهرا آخر عن المناطق اليابسة المناظرة ، بسبب بطء الماء في اكتساب الحرارة وفقدانها ، على نحو ما

ذكرنا سابقا . وكذلك الفرق بين النهايتين على الماء أقل منه على البر ، ولهذه الظاهرة انعكاساتها على المناطق الساحلية ، التي تكون في وضع وسط بين اليابس القاري الداخلي المتطرف ، وبين المسطحات المائية المعتدلة .

التوزيع العمودي لحرارة الهواء :

من المعروف أن اعتدال الحرارة على المرتفعات صيفا هو السر في وجود العديد من المصايف الجبلية كالحال في جبال لبنان ، كذلك وجود الثلوج الدائمة على كثير من القمم الجبلية الشاهقة حتى بالعروض الاستوائية ، كل هذه أدلة على انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع عن سطح البحر ليست بحاجة الى الدعم بالتجارب والقياسات .

ولكن ما يحتاج الى قياس هو معدل الهبوط في درجات الحرارة بالصعود ، وقد ثبت أن هذا المعدل يتراوح كثيرا ، ولكنه في المتوسط نحو ٣½° ف لكل ١٠٠٠ قدم ، أو درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ مترا . وفي العروض الوسطى وجد أن هذا المعدل يظل يؤثر على هبوط الحرارة حتى منسوب عشرة آلاف متر ، ولكن درجة الحرارة فوق هذا المنسوب تظل ثابتة ولا تتأثر بالارتفاع فوقه بعد ذلك ويطلق على المستوى الذي تحدث عنده هذه الظاهرة اسم التروبوبوز tropopause ، وهو يفصل بين نطاقين هامين من الغلاف الغازي ، هما الطبقة السفلى الكثيفة المعروفة بالتروبوسفير troposphere وطبقة الستراتوسفير stratosphere ، حيث يندر وجود بخار الماء أو جسيمات الغبار ، ومن ثم تخلو هذه الطبقة من السحب ، كما أنها ليست مصدرا للتساقط .

ويبلغ ارتفاع مستوى التروبوبوز ذروته حول النطاق الاستوائي من الأرض حيث يصل ١٦,٨ كيلومترا ، ولكنه ينزل الى ٤٥٠٠ متر فقط عند القطبين ، ويبدأ التغير ما بين خطي عرض ٣٥° ، ٤٥° ، ولهذا فالطيران خلال نطاق الستراتوسفير أسهل بالعروض العليا والقطبية منه بالعروض

الدنيا ، حيث يوجد ذلـك النطاق على ارتفاع كبير ، ويفضل الطـيران عبره لخلوه من السحب وتجانسه .

المهم أن انخفاض درجة الحرارة بالبعد عن سطح البحر يدل على أن الارض هي المصدر الرئيسي لحرارة الهواء فوقها ، وأن أشعة الشمس ، ولو أنها تسخن طبقات الهواء العليا بطريق مباشر أثناء مرورها خلالهـا في طريقها الى سطح الارض ، الا أن مقدرة الهـواء المتخلخل في الطبقات العليا من الغلاف الغازي على امتصاص الطاقـة الحراريـة ضئيلـة ، وبالعكس نجـد أن الطبقات السفلى لهـا مقدرة كبيرة علـى امتصاص الحرارة واختزانها ، بسبب كثرة نسبة بخار الماء والغبار وثاني أكسيد الكربون ، غير أن لهذه القاعدة العامة بعض نواحـي الشذوذ ، وذلـك حينما ترتفع درجة الحرارة في حالات خاصة بالابتعاد عن سطح البحر ، أي بالارتفاع .

ويطلق علـى الحالة الأخيرة اسم الانقلاب الحـراري temp. inversion الذي قد يحدث بالقرب من سطح الارض ، أو في طبقات الجـو العليا . ففي الطبقات الدنيا ، يرجـع الانقلاب الى سرعـة فقدان سطح الارض حرارته أثناء الليل بواسطة الاشعاع ، وبالتالي تبرد طبقـات الهـواء السفلى الملامسة له ، وتنتشر هذه الظاهرة على وجه الخصوص في فصل الشتاء ، حين يطول الليل ، خاصة اذا كان الجو صحوا والهواء هادئـا . وقد لوحظ في برج ايفل أن هناك تزايدا في الحرارة مع الارتفاع علـى مدار السنة ، وذلك فيما بين منتصف الليل والساعة الرابعة صباحا ، كما أنه في المناطق التي يغطي الجليـد السطح ، تحـدث ظاهـرة الانقلاب بوضوح ، فمن المعروف أن الجليد موصل رديء للحرارة ، وهو فضلا عن ذلك يعكس قدرا كبيرا من الأشعة أثناء النهار ، وفي الليل ، لا يصل من حرارة سطح الارض تحته للهواء الملامس شيئا بسبب عزله لها ، وبالتالي تشتد برودة الطبقات الهوائية الملامسة له ولذا تنخفض درجات الحرارة كثيرا بمناطق شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية شتاء نتيجة لهذه الظاهرة.

الربيع المبكر والخريف ، يسبب حدوث ظاهرة الصقيع ، حيث تنخفض درجة الحرارة دون التجمد ، وقد تتكون لذلك أغشية بيضاء من بللورات الثلج (الماء المتجمد) على الأسطح المكشوفـة وأوراق النبات والأرض ، ولهذه الظاهرة خطورتها على المزروعات في العروض المعتدلة ، ولكنها تقل حتى تتلاشى بالعروض المدارية ، ويطلق تعبير الصقيع على درجات الحرارة متى انخفضت دون التجمد ، حتى ولو لم يتكون الغشاء الثلجي الابيض على النحو المألوف .

ويلاحظ أن فقدان الحرارة بالطبقات السفلى على هذا النحو أثناء

هناك نوع آخر من الانقلاب الحراري مـرده تضرس سطح الارض ، وتفاوت مناسيبهـا بـين مرتفعات تحصر فيما بينهـا أوديـة وأحواض منخفضة ، فالهواء عندما يبرد فوق المرتفعات ليلا ، يثقل وزنه ، وبالتالي ينزلق الى أسفل ، ويتراكم في البطون والقيعان ، ليحل محله هواء دافيء من المنخفضات . ولهـذا فان مثل هـذه البطون والقيعان عرضة لتكون الصقيع أكثر من السفوح المحدقة بهـا ، ويعرف الزراع جيـدا هـذه الظاهرة ، ويدركون آثارها ، فتخصص السفوح للمزروعات التي تتأثر بالصقيع كالحمضيات ، في حين تزرع السهول والقيعان خضرا أو حبوبا كمـا أن فنادق الاستشفاء السويسرية توجـد علـى سفوح المرتفعات ، وليست في بطون الأودية تجنبا للبرد الشديد .

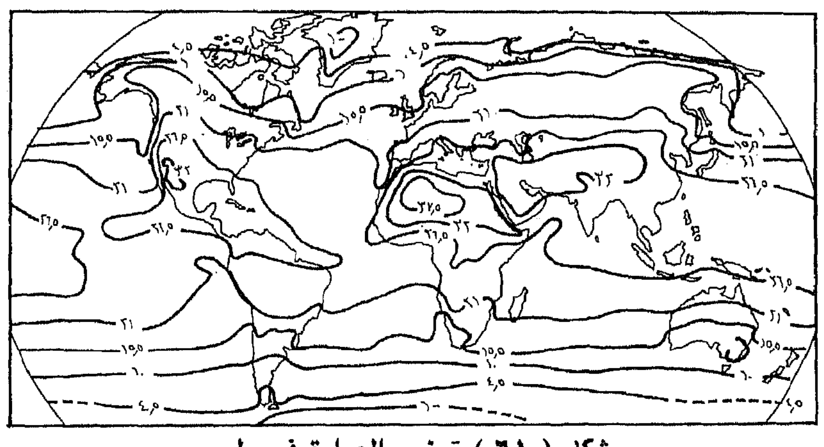
هذا عن التوزيع الزمني (اليومـي والفصلي) والتوزيـع الرأسي للحرارة ، أما التوزيع الأفقي حول العالـم فله أنماط تتأثـر بعوامـل متعـددة .

التوزيع الجغرافي للحرارة :

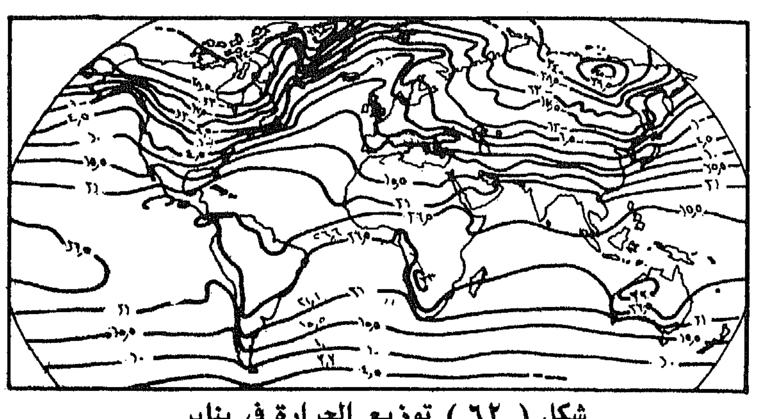
أفضل طريقة للتعبير عن التوزيـع الجغرافي لحـرارة الهـواء فوق مساحات واسعة تتأتـى برسم مـا يعرف بخطوط الحـرارة المتساويـة isotherms ، وهـي كخطوط الكنتور في الخرائط الطوبوغرافية تمـر

بالأماكن ذات القيم المتساوية ، التي هي المناسيب في حالة الخرائط الطوبوغرافية ، ودرجات الحرارة المتساوية في خرائط توزيع الحرارة. وتعمل هذه الخرائط لفترات زمنية مختلفة ، قد تكون ليوم واحد أو لشهر أو فصل ، أو حتى للمتوسط السنوي ، أو لمعدل عشرات من السنين. وفي المعتاد يكون الفاصل بين كل خطين ٥ أو ١٠ درجات أو مضاعفاتها ، والمفروض أن تمر هذه الخطوط بمحطات الارصاد التي تتفق فيها القيم ، ولكن متى تعذر ذلك وغالبا ما يحدث ، فان الخطوط ترسم بطريقة التناسب على نحو ما هو معمول به عند رسم خطوط الكنتور ، وتعدل درجات الحرارة في المعتاد لمستوى سطح البحر تلافيا لطغيان أثر عامل التضاريس على غيره من المؤثرات في درجة الحرارة ، غير أنه في بعض الدراسات التفصيلية ، يمكن رسم خرائط الحرارة المتساوية على أساس درجات الحرارة الفعلية ، دون تعديلها لمستوى سطح البحر . وتساعد خرائط الحرارة المتساوية بصفة عامة على اعطاء صورة واضحة وسريعة عن توزيع الحرارة ، وابراز خصائصها ، بصورة أفضل من وضع عشرات من القيم الرقمية على الخريطة .

اذا تفحصنا خريطتين لتوزيع الحرارة حول العالم في شهر يناير (كانون) ويوليو (تموز) (شكل ٦١ ، ٦٢) ، برزت أمامنا الخصائص



شكل (٦١) توزيع الحرارة في يوليو



شكل (٦٢) توزيع الحرارة في يناير

العامة التالية : أن خطوط الحرارة المتساوية تتجه بصفة عامة حول الأرض من الشرق الى الغرب ، وهذا أمر متوقع اذ أن العامل الرئيسي الذي يؤثر في التوزيعات الحرارية هو خط العرض ، فكل المناطق التي تقع على خط عرض واحد يصيبها نفس القدر من أشعة الشمس ، باستثناء تأثير بعض العوامل الموضعية التي قد تغير من الصورة النظرية، ويبلغ اتجاه هذه الخطوط من الشرق الى الغرب أوضح مظاهره في نصف الكرة الجنوبي ، الى الجنوب من خط عرض ٢٥° جنوبا ، حيث تكاد تتوازى الخطوط فوق مساحات هائلة من المسطحات المائية التي يقل بينها اليابس أما في نصف الكرة الشمالي بوجه عام ، فان خطوط الحرارة تترنح شمالا وجنوبا فيما بين الماء واليابس ، رغم اتجاهها العام من الشرق الى الغرب أيضا ، وتبدو هذه الظاهرة بوضوح أكثر في خريطة يناير (كانون الثاني) ، حين يبلغ الفرق بين حرارة اليابس والماء أشده .

أما الخاصية الثانية فهي هجرة هذه الخطوط شمالا وجنوبا بضع درجات تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، ويبلغ مدى هذه الهجرة السنوية نحو عشر درجات فقط فوق المسطحات المائية الكبرى كالمحيط الهادى ، أما فوق الكتل اليابسة الكبرى كقارة أفريقيا ، فان مداها يبلغ ٢٠ درجة

وتفسير هذه الظاهرة أيضا هو سرعة قابلية اليابس على اكتساب الحرارة وفقدانها بالقياس الى المـاء .

يلاحظ وجود رقاع معينة من سطح الأرض تشتهر بحرارتها العالية، أو ببرودتها الشديدة ، حيث تلتف حولها خطوط دائرية أو شبه دائرية مغلقة ، وهي جميعا مناطق تقع على اليابس ، ففي يناير توجد مراكـز الحرارة الشديدة بكـل من جنوب أفريقيا واستراليا ، وفي شهـر يوليو توجد مثل هذه المراكز فوق شمال غرب الولايات المتحدة وشمال أفريقيا وجنوب غرب آسيا . أما بالنسبة لمراكز الحرارة المنخفضة في شهر يناير فأعظمها يقع فوق سيبيريا حيث المعدل نحو ـ ٥٠° ف ، كما يوجد مركـز آخر مشابه فوق أقصى شمال قارة أمريكا الشمالية ، ولكنه أقل وضوحا، ربما بسبب وجود مسطحات مائية كبيرة من المحيط المتجمد الشمالي فيما بين الجزر وفيما بينها وبين اليابس القاري .

كذلك توجد مراكز برودة شديدة دائمة فوق كل من جزيرةجرينلند والقارة الجنوبية القطبية ، حيث تغطيهمـا أغطية الجليـد المستديمة . ولكن مع هذا فدرجات الحـرارة في جرينلند لا تهبط الى المدى المتطرف الذي تسجله محطات سيبيريا الشمالية في شهر يناير ، على الرغم من أن المعدل السنوي في جرينلند دونه في سيبيريا ، كذلك تتفاوت البرودة مـا بين المنطقتين القطبيتين في نصفي الكرة ، اذ أن احداهما محيط عميق ، بينما الأخرى قلب قـارة عالية ، فبسبب تيارات الحمل في ميـاه المحيط المتجمد الشمالي تحت غطاء الجليد الذى لا يزيد سمكه عن خمسة أمتار، نجد أن معدل حرارة يناير نحو ـ ٣٠° ف ، أما معدل حرارة يوليو بوسط القارة القطبية الجنوبية فهـو ـ ٧٥° ف بسبب فقدان اليابس حرارتـه بسرعة ، كما أن غطاء الجليد الدائـم هنا يعكس الأشعة الحرارية التي تصل الى هذه الجهات صيفا ، فلا يستفاد بالقسط الأكبر منها .

للتيارات البحرية أثر واضح في الانثناء المفاجىء لخطوط الحـرارة المتساوية عند السواحل ، فالتيارات البحرية الباردة التي تمر بمحاذاة

سواحل بيرو وشمال تشيلي وكاليفورنيا وساحل جنوب غرب أفريقية تؤدي الى انثناء خطوط الحرارة المتساوية نحو خط الاستواء ، ومن ناحية أخرى نجد أن التيارات البحرية الدفيئة في العروض العليا ، تسبب انثناء خطوط الحرارة المتساوية نحو القطبين ، وهذه الحالة تظهر بوضوح على ساحل أوربا الغربي والشمالي الغربي ، بسبب تيار المحيط الأطلنطي الدفيء ، وعلى السواحل الشرقية للولايات المتحدة وكندا ، بفعل تيار الخليج ، وعلى السواحل الشرقية لآسيا في نطاق تيار كيروسيفو .

المدى الحراري السنوي :

من خلال التوزيع الزمني للحرارة ، لاحظنا اختلاف درجات الحرارة على المدى القصير ، ونعني بذلك خلال اليوم الواحد ، فمن حد أدنى ترتفع الحرارة الى حد أعلى ، وتعود مرة أخرى للهبوط في نظام يومي رتيب ، والفرق بين أعلى درجة حرارة وأدناها خلال اليوم الواحد ، هو ما يسمى بالمدى الحراري اليومي ، وبنفس الطريقة فان المدى الحراري السنوي هو مقدار التفاوت بين معدلات أحر شهور السنة وأبردها ، وهو بصفة عامة فرق قليل بالمناطق الاستوائية لايتعدى خمس درجات مئوية ، ولكنه فرق متزايد بالابتعاد عن العروض الاستوائية شمالا وجنوبا . ويلاحظ أن ازدياد المدى في نصف الكرة الشمالي أسرع منه في نصف الكرة الجنوبي ، بسبب اختلاف توزيع اليابس والماء بينهما، ومن المعروف أن التناقضات الحرارية بين الفصول تضيق فوق المسطحات المائية الواسعة ، وتبرز فوق الجهات القارية ، خاصة الصحارى المدارية ، وصحارى العروض الوسطى بكل من أفريقيا ووسط آسيا واستراليا وغرب أمريكا الشمالية ، ويرجع السبب في سعة المدى هنا الى ارتفاع حرارة الصيف بشكل ملحوظ . أما بالعروض القطبية فان المدى الحراري يعظم أيضا حيث يبلغ نحو خمسة وستون درجة مئوية في شمال آسيا ،

وخمسة وأربعون درجة مئوية في شمال أمريكا الشمالية ، ومــرد ذلــك انخفاض درجة حرارة فصل الشتاء .

الضغـط الجـوي

على الرغم من عدم احساس الانسان بضغط الهواء في المعتاد ، الا أن للتغير المفاجىء في الضغط أثره ، الذي يمكن آن يلمسه المرء حينما تقلع به الطائرة أو تهبط ، مسببة بذلك انسداد الأذنين ، وهــي حالة أيضا تنتاب المسافر في مركبة على طريق جبلي حين تهبط واد أو تصعد قمة ، وعند مستوى سطح البحر يبلغ مقدار ضغط الهواء نحو ١٥ رطلا انجليزيا على البوصة المربعة الواحدة من السطح سائلا كــان أم صلبا ، وبسبب التوازن التام بين هذا الضغط الخارجي وبين ضغط الهواء داخل السوائل والاجسام المسامية والكائنات الحية ، فانه لا يؤثر ، أو أن تأثيره متعادل . هذا الضغط هو عبارة عن وزن عامود الهواء الممتد من السطح الى أطراف الغلاف الغازي ، ونظرا لكون الهواء غاز يتأثر بالضغط ، فانه من المتوقع أن توجد أكثف طبقاته أدناه ، وأخفها أعلاه ، أي أن وزن الهواء وضغطه يتناقصان بسرعة بالارتفاع الى أعلى .

ويقاس ضغط الهواء بواسطة جهاز مبني على أساس تجربة قام بها العالم توريشالي Torricelli ١٦٤٣ ، حين ملأ أنبوبا من الزجاج طوله نحو ثلاثة أقدام ، مغلق من أحد طرفيه بالزئبق ، ثم نكسه من طرفه المفتوح في حوض ملي ءبنفس السائل ، فوجــد أن الزئبق في الأنبوب المغلق قــد هبط بضع بوصات ، ولكنه بقــي يمــلأ نحو ٣٠ بوصة من الانبوب فوق سطح الزئبق بالحوض . فكأن ضغط الهواء على سطح الزئبق بالحوض هو الذي أبقى على عامود الزئبق فوق السطح بمقدار ٣٠ بوصة ، فــاذا زاد ارتفاع ضغط الهواء على السطح المطلق للزئبق في الحوض ، ارتفع العامــود في الأنبوب ، والعكس اذا انخفض الضغط . وما أجهزة قياس الضغط المسماة بالبارومترات الا تحسينات لتجربة تورشيللي .

وتختلف وحدات قياس الضغط من بوصات الى سنتيمترات الى المللبيار ، فهي بالبوصة عند مستوى سطح البحر في الظروف العادية ٢٩,٩٢ أو ما يعادل ٧٦٠ مم زئبقي ، أما المليبار millibar فهو وحدة أصغر، وكل بوصة تعادل ٣٣,٩ ملليبارا ، وعليه يكون الضغط الجوي العادي عند سطح البحر ١٠١٣,٢ ملليبار .

بالاضافة الى البارومترات الزئبقية هناك أنواع أخرى معدنية لا يستخدم فيها الزئبق ، منها بارومتر أنرويد aneroid ، وهو عبارة عن صندوق معدني رقيق الجدران ، مفرغ جزئيا من الهواء ، ومحكم الاقفال ولذا تتأثر جدرانه بالضغط الخارجي الواقع عليها ، مسببة انضغاطا نحو الداخل ، أو تمددا نحو الخارج بارتفاع الضغط وهبوطه على التوالي ، هذه الحركات تسبب تشغيل مؤشر ، يمر فوق ميناء قرص مدرج ، يحدد في أية لحظة مقدار الضغط الجوي الواقع على الجهاز ، ومن ميزاته سهولة الاستعمال والنقل أثناء الرحلات ، ولكنه ليس بدقة البارومتر الزئبقي ، وقد يركب هذا الجهاز أمام اسطوانة تدور بواسطة ساعة توقيت ، بحيث يسجل مؤشره الضغط الجوي على ورقة بيانية بخط متصل باستمرار ، ويعرف هذا الجهاز باسم الباروجراف .

التوزيع العمودي للضغط الجوي :

سبق أن أوضحنا أن لعامود الهواء وزنه أو ضغطه ، ولذا فاننا نتوقع أن يقل الوزن أو الضغط بالارتفاع حيث يقصر العمود ، وحيث يبعد المرء صعودا من طبقات الهواء الدنيا الكثيفة ، ويبلغ معدل هبوط الضغط بوصة واحدة لكل ٩٥٠ قدما ، غير أن هذا المعدل لا ينطبق الا على بضع آلاف من الأقدام حول سطح الارض فقط . وبعد ذلك يتناقص معدل الهبوط بسرعة . وعلى الرغم من أن اختلاف توزيع الضغط رأسيا قليل الأهمية بالنسبة للدراسات المناخية ، فان لـه تطبيقات عملية في مجال الطيران ، وجميع المحطات الجبلية التي يقاس فيها الضغط على ارتفاع كبير فوق سطح البحر تعدل قراءاتها الى المكافئات على مستوى سطح

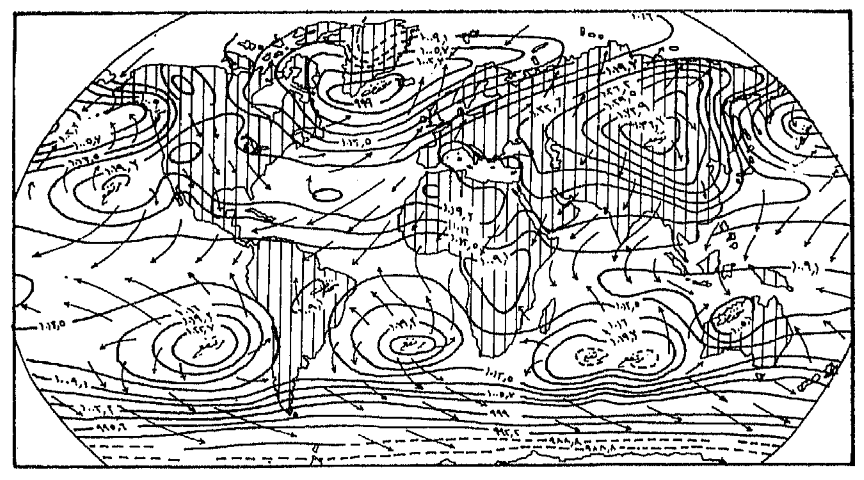
البحر ، ومن ثـم فان معظـم خرائط الطقس والمناخ التي تبين توزيع الضغط تتلافى عامل المنسوب ، حتى يمكن أولا رسم الخريطة ، ثم اعطاء صورة نظرية مبسطة كما لو كان ظهر الأرض متجانس المنسوب .

التوزيع الافقي للضغط الجوي :

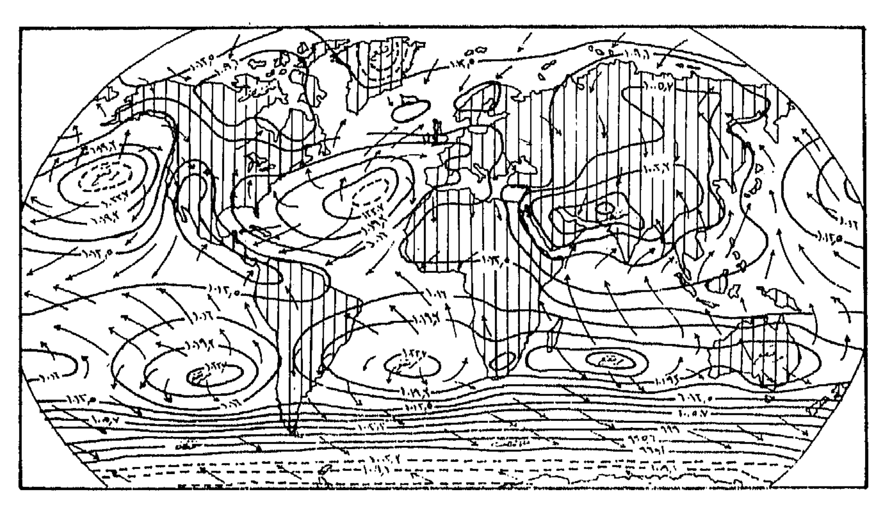
لو أخذنا معدل الضغط الجوي العادي عند منسوب البحر علـى أنـه ٢٩,٩٢ بوصة (١٠١٣ ملليبار) ، فان أي ارتفاع عن هـذا وليكن ٣٠,٥٠ (١٠٣٣ ممب) سوف يحدد ضغطا مرتفعا ، كما أن أي انخفاض ولو قليل ٢٩,٠٠ بوصـة (٩٨٢ ممب) سيمثل ضغطـا منخفضا ، ويقترن الضغط الجـوي المرتفع عـادة بظروف طقس مستقر جـاف ، بعكس الضغط المنخفض الذي يصاحب الظروف المتقلبة والطقس العاصف الماطر .

ويبين الضغط علـى الخرائط بخطوط الضغط المتسـاوي isobars التي يصل الواحد منها بين جميع المناطـق التي يتساوى ضغط الهـواء فيهـا ، علـى نحو خطوط الحـرارة المتساوية ، وحيث تتقارب خطوط الضغط المتساوي وتتزاحم ، فان هذا دليل على حدة المنخفض أوالمرتفع وعمقه ، وبالتالي شدة الرياح الداخلة و الخارجة منه ، والعكس حـين تتباعد الخطوط ، وهـذا بطبيعة الحـال ينطبق علـى خرائط الطقس اليومية ، التي تبين في تتابعها من يوم ليوم حركة مراكز الضغط،ومدى عمقهـا أو ضحولتها ، أمـا علـى خرائط المناخ فـان خطوط الضغط المتساوي تحسب كمعدلات لسنوات طويلة .

واذا تفحصنا خرائط توزيع الضغط حـول العالـم (شكل ٦٤,٦٣) فاننا نلاحظ امتداد نطاقات الضغط في أشرطة من الشرق الىالغرب ، أي مع خطوط العرض ، وهذا دليل علـى تأثـر توزيع الضغط بتوزيـع النطاقات الحرارية بشكل عـام ، فالمناطق المرتفعة الحرارة بالعروض الاستوائية تتميز بضغط منخفض بسبب تصاعد الهـواء ، اذ أن الغاز متى سخن خف وزنه وتصاعد الى أعلى ، والعكس فان العروض القطبية



شكل (٦٣) الضغط والرياح في يناير



شكل (٦٤) الضغط والرياح في يوليو

يسودها ضغط مرتفع بسبب برودة الهواء وهبوطه ، ولكن مع هذا فان بعض المناطق الحارة بالعروض الدنيا والوسطى تتميز بضغوط مرتفعة، كما أن العروض المعتدلة الباردة تبين وجود خلايا من الضغط المنخفض ،

وهذا عكس النمط الحراري ، فلا بد من وجود مؤثر آخر هو ما يعرف عادة بالظروف الديناميكية الناتجة عن مسارات الدورة العامة للرياح حول الكرة الارضية ، خاصة الحركة الرأسية ، التي تتمثل في تيارات الهواء الصاعدة أو الهابطة ، ومن أمثلة ذلك مناطق الضغط المرتفع شبه المدارية حول خطي عرض ٣٠° شمالا وجنوبا ، حيث تفترق الرياح السطحية ، فيتجه بعضها نحو خط الاستواء ، وهي التجاريات ، في حين تتجه تيارات أخرى نحو القطبين ، وهي الرياح الغربية العكسية ، هذا الافتراق هو نتيجة لوجود تيارات هوائية هابطة تعمل على تضاغط الهواء وزيادة ثقله ، ومن ثم ارتفاع الضغط ، على الرغم من ارتفاع حرارة هذه العروض بالقياس لحرارة مناطق الضغط المنخفض شبه القطبية ، الواقعة تجاه القطبين ، ويعزى انخفاض الضغط في هذه العروض الى التقاء التيارات الهوائية السطحية ، ممثلة في الرياح العكسية والرياح القطبية ، مما يسبب صعود الهواء وتخلخله ، وبالتالي قلة وزنه أو ضغطه ، وعلى هذا يمكن أن نجعل الصورة العامة لتوزيع الضغط على النحو التالي :

١ ـ نطاق استوائي يتراوح ضغطه ما بين ٢٩,٨ و ٢٩,٩ بوصة (١٠٠٩ و ١٠١٣ ملليبار) ، وهو ما يعرف بنطاق الرهو أو الركود الاستوائي ما بين خطي عرض ٥° شمالا وجنوبا .

٢ ـ نطاقان من الضغط المرتفع شبه المداري حول خطي عرض ٣٠° شمالا وجنوبا ، والنطاق الواقع في نصف الكرة الجنوبي أشد وضوحا واتصالا ، أما في النصف الشمالي فانه نطاق متقطع يبدو كخليتين أو مركزين منفصلين ، أحدهما فوق شرق المحيط الهادي ، والآخر فوق شرق المحيط الاطلنطي ، ويرتبط هذان النطاقان بهبوط كتل الهواء من أعلا ، وافتراق التيارات السطحية نحو القطبين ونحو خط الاستواء .

٣ ـ نطاقان من الضغط المنخفض يمتدان من خط عرض ٤٥° شمالا وجنوبا الى العروض القطبية ، وفي نصف الكرة الجنوبي يمتد أحد هذين

النطاقين كشريط يطوق الكرة الارضية في هذه العروض فوق مسطح محيطي متصل ، أما في النصف الشمالي فيضطرب توزيع هــذا النطاق بسبب تداخل كتل اليابس والماء .

٤ ـ نطاقان من الضغط المرتفع حول القطبين نتيجة لدورات الهواء الهابطة ، وينكمش هذان النطاقان صيفا ويمتدان شتاء .

ويتأثر توزيع الضغط على النحو السابق بعدة عوامل تخرجه عــن الصورة النظرية منها :

١ ـ انتقــال نطاقات الضغط الى الشمال أو الجنوب تبعــا لحركة الشمس الظاهرية ، كما هو الحال بالنسبة للنطاقات الحرارية ، وهذا يبين مدى صلة توزيع الضغط بتوزيع الحرارة .

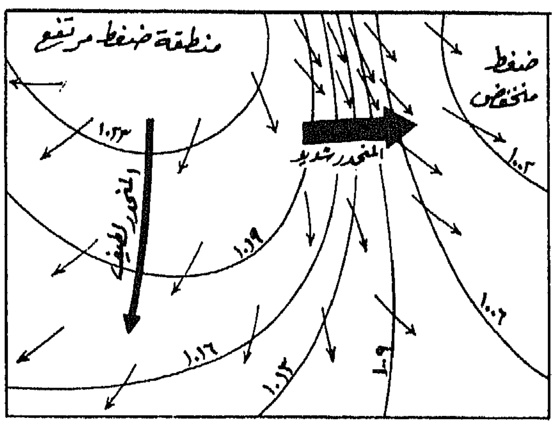
٢ ـ تتحول مناطق الضغط المرتفع فوق القارات الى مناطق ضغط منخفض أثناء فصل الصيف ، بسبب ارتفاع الحرارة فوق اليابس في ذلك الفصل ، وهذا أيضا يدل على ارتباط توزيع الضغط بالحرارة .

٣ ـ يلاحظ أن مناطق الضغط المرتفع شبه المدارية تكون قوية في الاجزاء الشرقية من المحيطات، وضعيفة في الاجزاء الغربية منها، ويرجع ذلك الى أنه في الاجزاء الشرقية من المحيطات ، تكون الرياح متجهة من مناطق أكثر حرارة ، ويكون الهواء ثقيلا فيهبط في الاجزاء الشرقية ، مسببا ارتفاع الضغط ، أمــا على الجوانب الغربيــة لنطاقات الضغط المرتفع ، فان الهواء يكون قادما من عروض استوائية وهو بهذا هواء حار ، يميل الى الصعود ، مسببا انخفاض الضغط نسبيا ، يضاف الى ذلك أن الاجزاء الشرقية من المحيطات في هذه العروض تمر بها تيارات بحرية باردة ، تعمل على خفض حرارة الهواء ، وزيادة وزنه ، وبالتالي ارتفاع الضغط، بعكس السواحل الغربية من نفس العروض ، حيث تمر تيارات بحرية دفيئة ، ترفع من درجــة حرارة الهواء ، وتســاعد على تمدده وصعوده ، وبالتالي تؤدي الى انخفاض الضغط .

الريـاح

الرياح هي عبارة عن هواء متحرك في تيارات ، يمكن أن تحدث على نطاق محلي ، بين أية بقعتين متبـاينتين في حرارتهمـا ، وقد سبق أن أوضحنا انزلاق الهواء البارد من الســفوح الى البطون ، وصعود هواء دافيء في اتجاه مضاد ، ويقاس اتجاه الرياح بواسطة جهاز بسيط يسمى دوارة الرياح Wind Vane ، وتسمى الرياح باسم الجهة التي تقبل منها ، أي التي يشير اليها سهم الدوارة . ويلاحظ أن الاتجاه يتغير من لحظة لأخرى ، ومن فصل لآخر ، أما سرعة الرياح فتقاس بواسطة جهاز آخر مزود بعداد للسرعة .

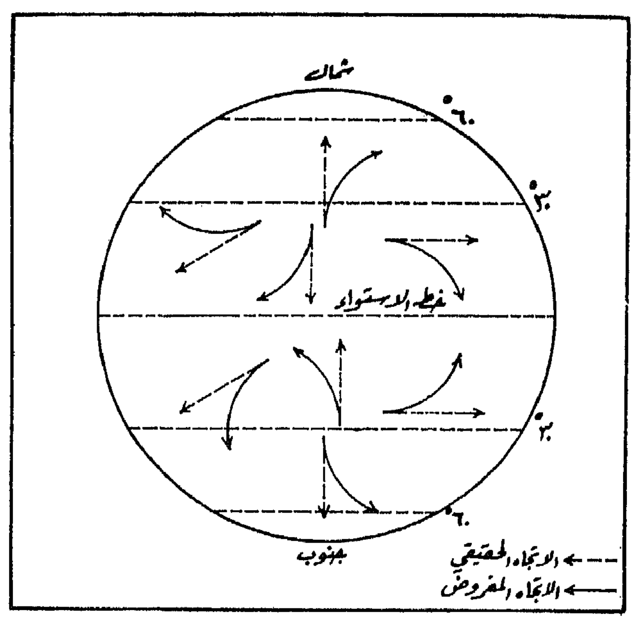
السبب الاساسي لحركة تيارات الهواء ونشـأة الرياح هو أنماط الضغط المتغايرة بين جهات سطح الارض ، فاذا افترضنا وجود أحـد مراكز الضغط المرتفع في جهة ما ، فان الرياح تتجه من قلب هذا المركز نحو أطرافه (شكل ٦٥) ، وتختلف شدة هبوب الرياح في هذه الحالة تبعا



شكل (٦٥) اتجاه الرياح من مناطق الضغط

لنمط خطوط الضغط ، فحيث تقاربت اشتدت الهبـات ، والعكس حيث تباعدت ، ولو أن الارض كانت ثابتة لهبت الرياح في خطوط مستقيمة

مباشرة من مركز الضغط المرتفع ، وفي اتجاهــات عمودية على خطوط الضغط المتساوي الى مركز الضغط المنخفض ، ولكن طبقا لقانون Ferrel تنحرف الاجسام المتحركة حركة حرة على ظهر الارض الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي ، والى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي . ولكن لهذا الانحراف أثر عند خط الاستواء ، وهــذا ما يوضحه (شكل ٦٦)



شكل (٦٦) انحراف الرياح حسب قانون فرل

بالنسبــة لحركة الريــاح على ظهر الارض ، وهي في الغــالب موازيــة لاتجاهات خطوط الضغط المتساوي ، كما أنه بالقرب من سطح الارض وفي حين يتراوح بين ٥٠٠ متر و ١٥٠٠ متر يتحكم عامــل آخر في اتجــاه الرياح ، وهو عامل الاحتكاك بالارض ، وهذا في الواقع يعدل قليلا من عامل الانحراف بفعل الدوران ، ويحول دون موازاة الرياح في اتجاهاتها تماما لخطوط الضغط ، ونتيجة لتصارع هذه القوى المختلفة فان اتجاه الرياح يكون عادة بزوايا تتراوح بين ٢٠° ، ٤٥° على خطوط الضغط .

أنواع الرياح :

الرياح التي تهب على جهات سطح الارض المختلفة عدة أنواع ، منها ما هو دائم أو شبه دائم ، ومنها ما هو موسمي أو فصلي ، ومنها ما يهب على نطاقات بأكملها من سطح الارض بصورة كوكبية ، يقابل ذلك رياح محلية لا يتعدى أثرها مواضع معينة أو بقاع محدودة ، بالاضافة الى ذلك هناك رياح يومية منتظمة في توقيتها واتجاهاتها ، وأخرى غير مقيدة بمواعيد أو بمسارات معروفة ، ونعني بذلك العواصف المدارية .

١ ـ الرياح السطحية الدائمة :

ابتداء من نطاق الضغط المنخفض الاستوائي فيما بين خطي عرض ٥° شمالا وجنوبا تسود منطقة رهو أو ركود استوائي،حيث تعمل الحرارة العالية والرطوبة الوفيرة على تصاعد تيارات الهواء ، ومن ثم يتضاءل أثر الرياح السطحية بشكل ملحوظ ، فالهدوء التام يمتد ليغطي ثلث الوقت ، وفيما عدا ذلك تهب نسمات هادئة متغيرة الاتجاه ، أو عواصف رعدية عنيفة تصحب التصعيد وتسبب هطول الامطار .

الى الشمال والى الجنوب من نطاق الركود ، وفيما بين خطي عرض ٥° ، ٣٠° شمالا وجنوبا ، يوجد نطاق الرياح التجارية، وهي نتيجة لخروج الرياح من نطاقات الضغط المرتفع شبه المداري ، قاصدة النطاق الاستوائي المنخفض الضغط . وفي نصف الكرة الشمالي تنحرف هذه الرياح على يمين اتجاهها مكونة التجاريات الشمالية الشرقية ، والعكس بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي ، حيث الرياح جنوبية شرقية ، وتتميز الرياح التجارية بانتظامها ، واستقرار اتجاهاتها ، وثبات سرعتها ، كذلك تقل الاضطرابات الجوية العنيفة بمناطق نفوذها ، باستثناء العواصف المدارية القوية ، التي تهب في بعض المواسم على بعض الجهات المحيطية ومن أشهرها عواصف الهريكين والتيفون ، على نحو ما سنوضح فيما بعد .

وفيما عدا هذا تتراوح سرعة هذه الرياح ما بين ٢٠ و ٢٥ كيلومترا في الساعة ، وهي في نصف الكرة الجنوبي أسرع منهـا في نصف الكرة الشمالي بسبب اختلاف توزيع اليابس والمـاء بكل منهما . لكل هـذه الخصائص ، فان نطاق الرياح التجارية بنصفي الكرة يمثل ممرات هامة للملاحة ، بعكس نطاق الركود الاستوائي حيث الرياح ساكنة أو متغيرة الاتجاهات ، مما كان يعاكس الملاحة الشراعية في الماضي . ويلاحظ أن نطاق الركود الاستوائي والرياح التجارية على جانبيه يتحرك فصليا نحو الشمال أو الجنوب ، تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، وكنتيجة لعظم امتداد الكتل القارية في نصف الكرة الشمالي ، فان هذه الحركة صيفا نحو الشمال ، أعظم من الحركة جنوبا في فصل الشتاء . وفوق المحيطات تبلغ التجاريات ذروة الانتظام والاستقرار بالمحيطين الهادي والاطلنطي، ولكنها فوق المحيط الهندي تضطرب نتيجة لتجاور هذا المحيط مع الكتلة الآسيوية الكبرى ، التي تسبب نظاما موسميا خاصا .

فيما بين خطي عرض ٣٠° ، ٤٠° شمالا وجنوبا، يوجد نطاقان تسودهما فترات متغايرة من الهدوء والرياح المختلفة الاتجاهـات ، فيما يعرف بعروض الخيل ، تتفق في توزيعها مع نطاقات الضغط شـبه المدارية ، التي هي في الواقع خلايا أو مراكز مستقلة غير متصلة ، من هذه المراكز تكون الرياح خارجـة على مدار السـنة ، مشكلة التجاريات نحو خط الاستواء ، والعكسيات الغربية تجاه القطبين ، وتكون هذه المراكز أقوى ما يمكن في فصل الصيف ، كما أن لها هجرة فصلية تقـدر بنحو خمس درجات في نصف الكرة الجنوبي ، وثمان درجات في نصف الكرة الشمالي. وفي عروض الخيل ذاتها يسود الهدوء التام ربع الوقت ، وفيما عدا ذلك تهب الرياح من كافة الاتجاهات ، وتكون السماء صافيـة والجو جافا ، وهنا توجد معظم المساحات الصحراوية حول العـالم ، وتمتد من هـذه العروض الى نطاق الرياح التجارية خاصـة على الجوانب الغربية من القارات .

فيما بين خطي عرض ٣٥° و ٦٠° بنصفي الكرة تسود الرياح العكسية الغربية الخارجة من نطاق الضغط المرتفع شبه المداري، فهي بذلك تقصد جهات أبرد من مناطق المنشأ ، بعكس التجاريات التي تهب من مناطق أدنى حرارة ، ولذا فان تأثير التجاريات يكون التلطيف والجفاف ، أما العكسيات فتجلب فضلا عن الدفء الرطوبة .

والواقع ان القول بأن العكسيات تكون جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي ، وشمالية غربية في نصف الكرة الجنوبي ، تعميم واسع يحمل في ثناياه الخطأ ، حيث تهب الرياح أحيانا من اتجاه القطبين ، أي عكس الاتجاه السائد ، ومن ثم فان التغير هو الصفة الغالبة على هـذه الرياح ، سواء من حيث الاتجاه أو السرعة ، خاصة وأن الاعاصير تسود نطاقاتها ، وتتحرك بصفة عامة من الغرب الى الشرق ، وهي التي تجلب لنا الامطار الشتوية ، بسبب المنخفضات التي تسافر في ممرات عبر البحر المتوسط داخلة اليه من المحيط الاطلنطي . وأثناء مرور هذه المنخفضات تضطرب الاحوال الجوية ، وتحدث العواصف ، وتهب الرياح من جميع الاتجاهات ويزداد نشاط هذه الرياح في فصل الشتاء خاصة في نصف الكرةالشمالي، كما ينحصر نشاطها صيفا في عروض أعلى ، ومن ثم يحل الجفاف بطراز مناخ البحر المتوسط ، الذي يخضع في ذلك الفصل للتجاريات الجافة .

وفي نصف الكرة الجنوبي فيما بين خطي عرض ٤٠° ، ٦٠° ، تسود هذه الرياح طول العام فوق نطاق محيطي متصل تقريبا ، حيث تبلغ أوج عنفوانها وانتظامها ، وتعرف بعدة أسماء محلية ، كالاربعينات المزمجرة، أوالخمسينات الغاضبة furious fifties ، أوالستينات الصاخبة serdaming sixties وقد كان هذا النطاق يستخدم في الرحلات البحرية ما بين جنوب الاطلنطي وأستراليا ونيوزيلند وجزائر جنوب المحيط الهادي ، وكان من السهل حينذاك على السفن الشراعية أن تواصل رحلتها شرقا حول العالم بفضل دفع هـذه الرياح ، لتعود الى الموانىء الاوروبية ، أفضل من أن ترجع بنفس الطريق ضد تيارات الرياح ، ولكن في الوقت الحالي قل تأثير هذه

الرياح على الملاحة البحرية ، وكل ماهنالك هو أن السفن تستهلك وقودا أكثر في رحلتها ضد اتجاه الريح . هذا الاثر وان كان قليل الوقع على السفن فانه يؤثر على الملاحة الجوية لان الطيارات تحمل كميات محدودة من الوقود .

أخيرا هناك ما يسمى بالرياح الشرقية القطبيـــة ، وتهب من مراكز الضغط المرتفع القطبية ، تجاه مناطق الضغط دون القطبية ، والواقع أن هذا تبسيط كبير للصورة الحقيقية ، خاصة في نصف الكرة الشمالي ، حيث يضعف تأثيرها كثيرا ، ومن ثم تطغى على مناطق نفوذها العكسيات. أما في النصف الجنوبي ، فهي أكثر وضوحا لتجانس سطح القارة القطبية الجنوبية ، التي تكسوها غطاءات مستديمة من الجليد ، ويطوقها نطاق محيطي متصل ، ومن ثم يتكون على ظهر القارة ضد اعصار جوي دائم ، تخرج منه رياح جنوبية شرقية منتظمة ، وهي بصفة عامة رياح ضعيفة ، ولكنها عند التقائها بالرياح العكسية الأدفأ والأرطب ، تكون ما يعرف بالجبهات الهوائية التي تصبح مسرحا للأعاصير والاضطرابات الجوية ، المتحركة من الغرب الى الشرق ، وما ينجم عنها من أمطار وثلوج .

٢ ـ الرياح الموسمية :

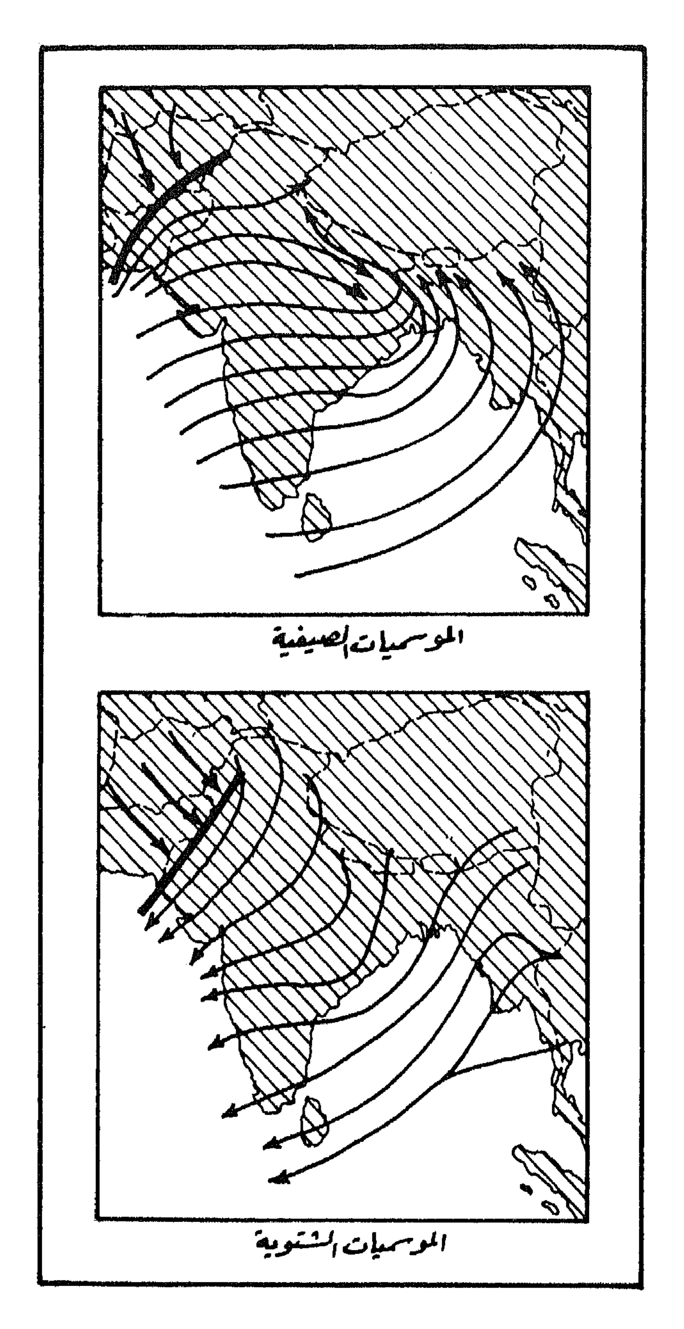
أينما وجدت مسطحات قارية متسعة، فان حركة الهواء في فصل الصيف تكون من العنف في هبوبها نحو الداخل القـــاري بشكل يقوض الدورة العامة للتجاريات والعكسيات تماما ، وما هـــذا الا لان ظروف الضغط المحلية المترتبة على ظروف حرارية خاصة تضبط حركة الرياح على نحو يجعل من هذه الجهات قانونا مستقلا ، لا يخضع للنمط السائد على وجه الارض ، فالرياح الموسمية أثر مباشر للاختلافات الحرارية بين اليابس والماء ، بحيث يؤدي ذلك الى تغير في الضغط الجوي من فصل لآخر ، ومن ثم ينشأ نظام فصلي للرياح في تلك الجهات . وسبب هذا يرجع لاختلاف قابلية كل من اليابس والماء على اكتساب الحرارة وفقدانها ، ففي فصل الشتاء تبرد الكتل اليابسة بدرجة أكثر من البحار المجاورة ، ويؤدي هذا

الى زيادة كثافة الهواء فوق اليابس ، وبالتالي الى ارتفاع الضغط فوقه عنه فوق الماء ، وينتج عن هـذا هبوب الرياح الموسمية الشتوية ، ولان الرياح الموسمية الشتوية تنشأ فوق اليابس البارد ، فانها عادة جافـة وبـاردة .

أما في فصل الصيف فتنعكس الآية اذ تصبح الحرارة مرتفعة فوق المناطق القارية ، مما يؤدي الى تركز خـلايا من الضغط المنخفض فوق اليابس ، بينما يكون فوق المسطحات المائية الأبرد أكثر ارتفاعا.ويترتب على ذلك هبوب رياح من البحر الى اليابس ، وهذه هي الرياح الموسمية الصيفية وبما أن هذه الرياح تنشأ فوق الماء ، فانها تكون رطبة ودفيئة وتحمل معها الامطار .

للرياح الموسـمية أثر كبير من حيث الحرارة وسـقوط الامطار في المناطق التي تسودها ، وينتج عنها اختلافات موسمية واضحة في الاحوال المناخية بين فصلي الرطوبة والجفاف ، فالصيف يتميز بالحرارة والمطر، بينما تنخفض حرارة الشتاء ويندر مطره . والواقع أن النظام الموسمي ما هو الا تعديل للنظام العادي للرياح بتلك المناطق ، فعلى سبيل المثـال تهب رياح شماليـة على شرق آسـيا في فصل الشتاء ، وهي الموسميات الشتوية ، التي تتفق مع اتجاه الرياح التجارية الشماليـة الشرقية مع تعديل طفيف .

وتعتبر قارة آسيا أهم مناطق نفوذ الرياح الموسمية ، التي يـدخل تحت تأثيرها جميع الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من القارة ممتدة من منشوريا وكوريا واليابان نحو الجنوب الشرقي الى الهند وباكستان . ففي فصل الصيف (شكل ٦٧) ، تندفع الرياح من فوق المسطحات المائية نحو الضغط المنخفض القاري ، حاملة معها كميات هائلة من الرطوبة ، تسقطها أمطارا وفيرة على جنوب القارة وشرقها . والحقيقة أن الرياح الموسمية في جنوب القارة ليست الا الرياح التجارية الجنوبية الشرقية في نصف الكرة الجنوبي ، التي تتأثر بشدة انخفاض الضغط على قارة



شكل (٦٧ ـ ٦٨)

آسيا ، فتندفع شمالا لتعبر خط الاستواء ، وعندئــذ تنحرف على يمين اتجاهها حسب قانون فرل ، فتصبح جنوبية غربيــة وتلعب التضاريس دورا هاما في كمية الامطار بالجهات المرتفعة ، من ذلك السفوح الجنوبية لجبال هملايا حيث تضطر الرياح للصعود ، فتبرد وتنتشر وتقل قابليتها على حمل بخار الماء فتهطل الامطار التضاريسية الغزيرة، التي قد تسبب فيضانات عامــة في بعض السـنين ، والمثــال التقليــدي على ذلك بلدة تشيرايونجي التي تسجل في المعدل السنوي ما يقرب من أحد عشر مترا من الامطار ، فهي بذلك أغزر محطات الارض مطرا ، ويستمر موســم الامطار الغزيرة من شهر يونيو (حزيران) الى اكتوبر (تشرين أول) ، ولكنه يقصر بالتدريج وتقل الكمية بالاتجاه شمالا .

في فصل الشتاء يحدث العكس (شكل ٦٨)، حيث تكون الرياح خارجة من القــارة نحو المحيطات فتكون باردة جافة ، الا اذا عبرت البحــار ، فتتحمل بالرطوبة وتسقط أمطارا على بعض الجهات المرتفعة ، من ذلك السواحل الغربية لليابان ، التي تتعرض لرياح آتية من القارة ولكنهــا تحملت بالرطوبة والدفء بعد عبورها بحر اليابان . وهذا أيضا مــا يحدث بالنسبة للسواحل الشرقيــة للصين وجزر الفلبين وفيتنام التي تتعرض لرياح شمالية شرقيــة خلال الشتاء ، أمــا السواحل الشمالية الشرقية لجزيرة ســيلان وساحل كروماندل فتصيبهما الامطار الشتوية نتيجة لمرور الرياح الموسمية الشمالية الشرقية على مياه خليج البنغــال الدفيئة وتشبعها بالرطوبة ، ومما تجدر ملاحظته أن هــذه الرياح هي عبارة عن الرياح التجارية المنتظمة التي تستقر فوق جنوب آسيا خلال فصل الشتاء .

٣ ـ الرياح المحلية :

تنشأ الرياح المحلية نتيجة لاختلاف ظروف الضغط فيمواضع محدودة من سطح الارض ، وهي على أنواع منها ما هو حار أو دفيء ، ومنها ما هو بــارد .

أشهر نماذج الرياح المحلية الحارة تلك التي تهب على الاقطار المطلة على البحر المتوسط ، وتنشأ نتيجة لمرور منخفضات جوية تسبب تدفق رياح ساخنة من صحارى شمال أفريقيا ، فتؤثر على مصر وتعرف بالخماسين ، كما تؤثر على أقطار شمال أفريقيا وصقلية وجنوب ايطاليا واليونان ، وتسمى رياح السيروكو ، أما السولانو فرياح محلية أخرى مشابهة للنوعين السابقين في المنشأ والخصائص وتؤثر على بلاد المغرب وجنوب شبه جزيرة ايبيريا .

وتهب الخماسين في الربيع وأوائل الصيف في موجات تستمر ما بين يوم وثلاثة أيام ، وتجلب معها كميات كبيرة من الغبار والرمال ، ونظرا لقدومها من جهات صحراوية حارة جافة ، فانها تسبب ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل بشكل فجائي ، وهبوط الرطوبة النسبية كثيرا ، وهي لذلك ذات آثار سيئة على الانسان والمزروعات ، ويختلف اتجاه الرياح أثناء الموجات الخماسينية ما بين جنوبية غربية الى جنوبية وجنوبية شرقية ، وقد تمتد آثارها الى الاراضي الاردنية حينما يصل المنخفض في رحلته الساحل الشرقي للبحر المتوسط فتهب على البلاد رياح جنوبية أو جنوبية شرقية متربة تعرف بنفس الاسم ، وتسمى الازيب في منطقة البحر الاحمر ، وتسبب أمواجا عالية في البحر ذاته وخليج العقبة ، وقد ترفع من رطوبة الهواء بعد أن تكون قد تشبعت بها أثناء مرورها على مياه البحر ، وبعد انتهاء هذه الموجات تعود الرياح التجارية الشمالية الشرقية المنتظمة للاستقرار من جديد على تلك الجهات .

أما السيروكو والسولانو فهما كالخماسين من حيث الحرارة والجفاف والحمولة من الغبار والاتربة ، وتتجه هباتها عبر شمال غرب أفريقيا آتية من الصحراء قاصدة البحر ، فتصل الامطار الجنوبية من أوربا وتكون قد تحملت بالرطوبة أثناء عبورها البحر المتوسط فتسبب ضيقا شديدا للسكان ، وقد يتعدى تأثير هذه الرياح أحيانا حوض البحر

المتوسط ، فيصل منها شيء الى المحيط الاطلنطي ، بدليل سقوط أمطار حمراء سميت بأمطار الدماء منذ أيام الملاحة الشراعيــة ، عندما كانت قطرات المطر المختلطة بالغبار الاحمر تصبغ شراع الســفن المبحرة في مناطق تأثيرها بذلك المحيط .

ويبدو أن الكثير من المناطق الصحراوية الاخرى حول العالم تمثــل أقاليم مصدرية لأنواع مشابهة من الرياح الحارة الجافة المغبرة ، مــن ذلك رياح سانتا آنا التي تهب على جنوب ولاية كاليفورنيا ، خارجة من الصحارى الداخلية ، متجهة نحو ساحل المحيط الهــادي ، حاملة الغبار والجفاف ، رافعة درجة الحرارة بشــكل مفاجيء خلال فترات هبوبها المتقطعة في الربيع وأواخر الصيف . من ذلك أيضا رياح الهرمطان وهي تهب من الصحراء الكبرى في أواخر الشــتاء والربيع نحو ساحل غانة بغرب أفريقيا ، ويسببها ضغط مرتفع فوق قلب الصحراء غالبا لوجود تيارات هوائية هابطة تتضاغط وترتفع حرارتها وتتجه عند سطح الارض نحو منطقة الضغط المنخفض الاستوائي فتكون ساخنة ومحملة بالاتربة ، وتسبب تلف المزروعات في طريقها ، والى هذه الانواع أيضا تنتمي رياح الهبوب التي يتعرض لها شمال ووسط السودان ، ورياح الزوندا التي تهب على صحراء بتاجونيا في جنوب الارجنتين .

اذا كانت الاقطار المطلة على البحر الابيض المتوسط تتعرض لرياح محلية ساخنة تفد عليها من الجنوب ، فان سواحله الشمالية تصبح عرضة في بعض المواضع لرياح شمالية شديدة البرودة في فصل الشتاء ، وتصل من الشمال ، حين يرتفع الضغط الجــوي فوق قلب قارة أوربا ، وتمر بالبحر منخفضات جوية تتجه شرقا ، فتجذب الرياح بشــدة عبر ممرات معينة مثل وادي الرون ، الذي تسلكه رياح المسترال ، والبحر الادرياتي الذي تهب خلاله رياح البورا ، وتجلب هذه الرياح القارية البرد الشديد للجهات التي تصلها ، وتسبب تلفا للمزروعات ، وقد تزيد سرعتها على ٦٠ كيلومترا في الساعة .

على النقيض مما سبق فان لبعض الرياح المحلية آثارا مستحبة وملطفة حين تجلب الدفء لمناطق باردة ، من ذلك رياح الفهن ، وهي تهب على المنحدرات الشمالية لجبال الالب في سويسرا وألمانيا ، وتخرج من مرتفع جوي يتمركز عادة فوق سهل لمبارديا بايطاليا ، فاذا تصادف مرور منخفض جوي من الغرب الى الشرق على الجانب الآخر من الجبال ، سحب الهواء نحوه بشدة من الجنوب عبر جبال الالب ، مما يضطره للصعود فيتكاثف ما به من بخار ، ويسقط أمطاره على المنحدرات الجنوبية ، ومن ثم تنطلق طاقته الحرارية الكامنة بفعل التكاثف ، كمايساعد على رفع درجة حرارة الهواء الهابط تضاغطه فيسخن ، ويصبح جافا ملطفا على المنحدرات الشمالية للألب ، التي قد ترتفع حرارة الجهات الواقعة منها في مهب الفهن بمعدل ١٢ درجة مئوية عما كانت عليه ، فتذوب الثلوج وينشط النمو النباتي ، فتنضج ثمار التفاح والكمثرى .

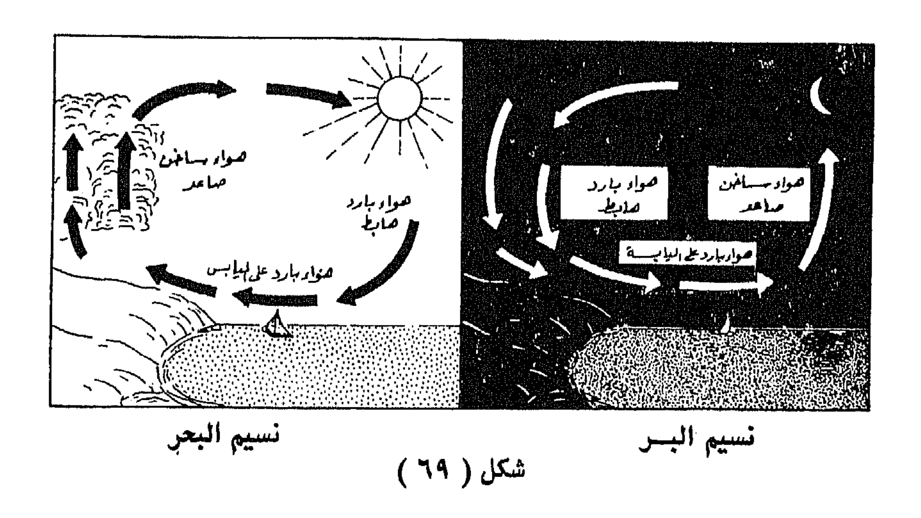
شبيهة بالفهن الى حد كبير ريح محلية تعرف باسم الشنوك Chinook وتهب في فصلي الشتاء والربيع من المحيط الهادي نحو غرب قارة أمريكا الشمالية ، وتصعد جبال روكي ، ثم تعود فتنحدر بشدة على السفوح الشرقية فيها فتسخن وتكون لها آثار مشابهة لرياح الفهن من حيث الحرارة والجفاف وتنشيط النمو النباتي .

٤ ـ الرياح اليومية :

هناك نظم يومية من الرياح ، تنشأ نتيجة لظروف محلية خاصة ، وتكون لها آثار هامة على طقس الجهات التي تتعرض لها ، ومن أمثلة هذه الرياح ما يعرف بنسيم البر والبحر ، ونسيم الجبل والوادي .

أما نسيم البر والبحر فهو عبارة عن صورة يومية وعلى نطاق أصغر للرياح الموسمية ، فأثناء النهار حين يسخن البر ، يتصاعد فوقه الهواء ، ويخف الضغط موضعيا ، فيقبل عليه من البحر هواء أبرد ، فيلطف من درجة

الحرارة صيفا في العروض المدارية والوسطى (شكل ٦٩ - أ)، وفي الليل يحدث العكس حين تفقد الارض حرارتها بسرعة ، فيبرد الهواء فوقها ، بينما يكون الماء المجاور ما زال يحتفظ بشيء كثير من حرارته ، ويحدث تبادل في اتجاه مضاد ، فتقبل نسمات دفيئة من البحر الى البر ، مخففة من حدة البرودة (شكل ٦٩ ب) ، ولهذا كانت الجهات الساحلية أكثر اعتدالا وأقل تطرفا من حيث الحرارة ، غير أن أثر هذا العامل لا يتعدى بضعة أميال فقط من السواحل ، ويقل أثره بسرعة نحو الداخل .



نسيم البحر نسيم البر

شكل (٦٩)

وبالنسبة لنسيم الجبل والوادي فقد سبق أن أشرنا الى انزلاق كتل الهواء البارد على المنحدرات الجبلية واستقرارها ببطون الاودية والاحواض ليلا ، بينما يصعد الهواء الدافيء منها أثناء النهار تجاه المرتفعات ، ويؤدي هذا في بعض الاحيان لتكاثف بخار الماء ، وظهور سحب تراكمية بعد الظهر فوق الجبال ، فتسقط أمطار تصاعدية .

حركة الهواء بالطبقات العليا :

لقد عالجنا حتى الآن موضوع الرياح السطحية ، التي تنشط في حيز محدود لا يتجاوز بضعة آلاف الامتار فوق سطح البحر ، والواقع أنه اذا

كان لهذه الطبقة المحدودة أثرها المباشر على الاحوال المناخية السائدة على وجه الارض ، فان لحركة الهواء بالطبقات العليا من الجو علاقة وثيقة بالدورة العامة للرياح السطحية . ومنذ الحرب العالمية الثانية ، أنشئت شبكة من محطات الارصاد والملاحظات ، الغرض منها اختبار طبقات الجو العليا على امتداد خمسة وعشرين كيلومترا فوق سطح البحر ، بواسطة جهاز يعرف باسم radiosonde ، يشتمل على عدد من الادوات التي ترسل بواسطة اشارات لاسلكية معلومات عن الضغط والحرارة والرطوبة والرياح الى المحطات الارضية ، ويوضع هذا الجهاز في بالونات خاصة تطير من تلك المحطات التي تتلقى منه البيانات وتسجلها ، ومن مجموع المعلومات الواردة الى مختلف المحطات الموزعة في أرجاء العالم ، يمكن رسم خرائط طقس لطبقات الجو العليا على عدد من المناسيب ، بحيث أمكن معرفة شيء عن الدورة الهوائية للطبقات العليا .

من المعروف أن الدورة العامة للغلاف الغازي تستمد الطاقة اللازمة لحركتها من اختلاف توزيع الاشعاع الحراري حول الكرة الارضية ، وما هذه الحركة ، فضلا عن حركة التيارات المائية بالمحيطات ، سوى رد فعل الغرض منه تبادل الطاقة الحرارية بين أرجاء سطح الارض ، حين تنقل هذه التيارات من هوائية ومائية الحرارة الزائدة من العروض الدنيا الى نطاقات العجز الحراري تجاه القطبين . فكأنها تهدف الى ايجاد نوع من التوازن الحراري بين العروض المختلفة ، ولكن اذا كان الاختلاف الحراري هو الدافع الرئيسي لحركة هذه التيارات ، فانه ليس السبب المباشر في سلوكها في جميع البقاع . ويبدو أن التبادل الحراري بين العروض الدنيا والعليا يتم بواسطة تيارات تندفع في هبات متقطعة من القطبين تجاه خط الاستواء وبالعكس .

والتوزيع العام للتيارات العليا يتلخص في حركتين الاولى حركة هائلة لتيارات تتجه من الغرب الى الشرق على امتداد القسم الاعظم من الغلاف الهوائي فيما بين خطي عرض ٢٠° شمالا وجنوبا ، وبين القطبين ، ولكن

لا تسود هذه التيارات جميع تلك العروض كتيـارات سطحية لاسباب مختلفة ، منها تضرس سطح الارض ، ومـا يترتب عليه من انحراف في اتجاهات الرياح ، ثم تدخل العوامل التي تخرج بدورها الرياح السطحية عن مساراتهاالغربية الشرقية المرسومة ، ولكن مع هذا فان تلك التيارات العليا تدور على شكل دوامـة هائلة يتفق مركزها مع نطاقات الضغط المنخفض درن القطبية .

وفيما بـين درجتي عرض ١٠٥ و ٢٠٠ شمالا وجنوبا ، يرتفع الضغط بالتدريج مكونـا نطاقين يفصلان بـين شقي الدورة السابقة للتيارات الغربية ، وينفصلان بدورهما بواسطة نطاق متصل من الضغط المنخفض الاستوائي ، وفيما بين نطاقي الضغط المرتفع السابقين تتجه الـدورة العامـة للغلاف الهوائـي مـن الشرق الى الغرب ، وتؤلف التجاريـات السطحية ، التي تنتشر في المستويات الدنيا من الهـواء شمالا وجنوبا ، فوق عروض أعلى من حدود أحزمـة الضغط المرتفع بالطبقات العليا . فالدورة الهوائية العليـا مبسطة تتألف من نطاقـين من تيارات غربية شرقية بين القطبين ودرجة ٢٠ بكل من نصفي الكرة . ونطاق واحـد من تيارات شرقية غربية ما بين درجتي ٢٠° شمالا وجنوبا .

تميل التيارات الهوائية الغربية الى اتخاذ مسارات حلزونية متعرجة، تقترب تارة من النطاق الاستوائي ، وأخـرى تنعطف نحـو القطبين ، ويتخلل هذه التيارات البطيئة نسبيا وعلـى ارتفاع مـا بـين ٣٠ ألف وأربعين ألف قدم رياح صرصر عاتية ، تندفع في تيارات تتراوح سرعتها ما بين ٢٠٠ و ٣٠٠ ميل في الساعة ، كسرعة طائرة نفاثة ، ومن ثـم أتت تسميتها بالتيارات النفاثة jet stream ، وقد تحقق المشتغلون بالدراسات المترولوجية من وجود هـذه التيارات العنيفة ابتداء مـن ١٩٤٤ ، وقـد لوحظ أنها تسير في أحزمة يحدهـا خطا عرض ٣٠° و ٣٥° شمالا وجنوبا ، وتتألف من هواء قطبي بارد تجاه القطبين ، وهواء مداري حـار تجـاه النطاق الاستوائي .

وعلى الرغم من كـون التيارات الهوائية النفاثة جـزءاً من الدورة الهوائية الغربية الشرقية العليا ، الا أنه لوحظ اندفاع موجات على شكل نبضات قوية ، تخرج منها ، باعثة بالهـواء شمالا وجنوبـا في مسارات عمودية على اتجاه حركتها ، ومن ثم يحدث التبادل بـين القطبين وخط الاستواء بالمستويات العليا من الغلاف الهوائـي . وكلمـا ازداد نشاط هذه الموجات تداخلت كتل مـن الهـواء تختلف في خصائصهـا الطبيعية بعضها مع البعض ، مسببة بذلك تزايد النشاط الاعصاري ، والطقس النشط غير المستقر بالعروض الوسطى ، والعكس عندما يخمد هـذا النشاط ، ولذا من المعتقد أن أعاصير العروض الوسطى تنشأ بالتيارات النفاثة العليا ، كما يربط البعض بين زيادة كمية الأمطار على وجـه الأرض ، وبين المسارات التي تسلكها هذه التيارات في نصفي الكرة .

الرطوبة الجوية والتساقط

سبق أن أوضحنا أهمية بخار المـاء في الهـواء من حيث طاقته علـى امتصاص الحـرارة بالطبقات الدنيا من الغلاف الجـوي ، ولكـن تلك الأهمية لا تقف عند ذلك الحد ، اذ أن بخـار المـاء هـو مصدر السحب والضباب والندى والمطر والثلج ، وهو فضلا عن هـذا العنصر النشط الذي يكمن وراء كثير من العمليات الجوية وتقلبات الطقس . وتختلف كمية بخار الماء في الهواء من وقت لآخـر ومن مكان الى مكان ، ويتراوح هذا التفاوت بين ما يقرب من صفر في الجهات القطبية الباردة شتاء وبين ٥٪ من حجم الهواء بالجهات المدارية الحارة الرطبة .

ويدخل البخار الى الهواء بواسطة عدة مصادر ، أهمها بطبيعة الحال المسطحات المائية الشاسعة للمحيطات ، التي تغطي الشطر الأعظـم مـن سطح الارض ، وتتوقف سرعة التبخر من هذه المسطحات وغيرها علـى عدة عوامل ، منها درجة حرارة المسطحات المائية ذاتها ، وسرعة الرياح وحركتها فوقها ، ولذا فان العروض المدارية فيما بين خطي عرض ١٠ ،

٢٠° شمالا وجنوبا ، عرضة للبخر الشديد ، لارتفاع الحرارة ، وهبوب الرياح ، عنها بالنطاق الاستوائي الذي على الرغــم من شدة حرارته ، الا أن سكون الهواء يعطل كثيرا من سرعة التبخر . بالاضافة الى المحيطات هناك مصادر أخرى أقــل أهمية للرطوبة الجويــة ، وتشمل المسطحات المائية الصغرى كالبحار والبحيرات والأنهار والنباتات ، وحتى من أسطح التربة المبللة قد يستمد الهواء رطوبته .

تعريف الرطوبة :

الرطوبة هي عبارة عن كمية بخار الماء الموجودة بالهواء في أية لحظة ، وتقاس بوزن بخار الماء بالنسبة لكتلة الهواء ، وتقدر اما بعدد الجرامات التي يشتمل عليها القدم أو المتر المكعب مــن الهــواء ، أو بعدد الحبات grains في القدم (الحبه = ١/٥ جرام) ، وتعرف الرطوبة حينئذ باسم الرطوبة المطلقة absolute humidity ، ومن المتوقــع أن ترتفــع الكميــة بالمناطق الرطبة ، وفوق المحيطات بالعروض الاستوائية ، وتقل بشكل ملحوظ بالصحارى المدارية والمناطق القطبية . ولكن يلاحظ أن قــدرة الهواء على التحمل ببخار الماء تختلف باختلاف درجة حرارته ، فعند أي درجة حرارة معينة يظل الهواء يتقبل الرطوبة الى حد أعلى ، بحيث اذا أضيف اليه قدر آخر من البخار تحول الى مــاء ، وهــذا يشبه ما يحدث بالنسبة لاضافة السكر لكمية معينة من الماء في كأس ، فان المحلول يظــل يتقبل المادة الى حد معين ، وبعدها يبقى كل ما يضاف اليه كما هو دون ذوبان ، عند هذا الحد يكون المحلول قد تشبع . وبنفس الطريقة فالهواء متى عجز عن تقبل أية زيادة في الرطوبة ، يقال أنه بلغ نقطة التشبع ، أي أن ما به من بخار الماء هو أقصى ما يمكن أن يتحمله ، وبالتالي تكون رطوبته النسبية ١٠٠٪ .

فالرطوبة النسبية هي كمية بخار الماء الموجودة فعلا بالهواء منسوبة الى أقصى كمية بخار يستطيع هذا الهواء التحمل بها ، مع ثبات درجــة حرارته ، فمثلا اذا كان الهواء في درجــة حرارة ٨٠° ف يستطيع التحمل

بعشر حبات من البخار في القدم المكعب ، ووجد أن كتلة من الهواء في درجة حرارة ٨٠° ولكنها لا تحمل فعلا سوى خمس حبات كان معنى ذلك أن الرطوبة النسبية لهذه الكتلة هي = $\frac{٥}{١٠}$ × ١٠٠ = ٥٠٪ .

وتختلف الرطوبة النسبية لكتلة ما من الهواء مع بقاء كمية الرطوبة المطلقة ثابتة باختلاف الحرارة ، فعندما ترتفع حرارة الهواء في هذه الحالة ، تنخفض رطوبته النسبية والعكس اذا برد . وكمثال على ذلك نفرض أن درجة حرارة كتلة من الهواء كانت ٦٠° ف ، ورطوبته النسبية ٥٠٪ ، فاذا ارتفعت حرارته أثناء النهار الى ٩٠° ف هبطت رطوبته النسبية الى ٢٠٪ فقط ، فاذا ما برّد نفس الهواء أثناء الليل الى ٤٠° ف ، تشبع الهواء تماما أي بلغت رطوبته النسبية ١٠٠٪ . كل هذا بافتراض بقاء كمية الرطوبة الفعلية ثابتة ، فاذا ما خفضت درجة الحرارة دون ٤٠° ف فان الزائد من بخار الماء عن طاقة الهواء يتكاثف ، في حين يظل الهواء مشبعا بالرطوبة ، وبسبب التكاثف يتكون الضباب أو الندى ، فاذا انخفضت درجة الحرارة دون التجمد ، تكون من الرطوبة المتكاثفة غشاء ثلجي أبيض ، هو ما عرفناه سابقا بالصقيع .

يطلق على درجة الحرارة التي عندها يبدأ تكاثف بخار الماء من كتلة هوائية ما اسم نقطة الندى ، ويمكن ملاحظة ذلك عمليا في فصل الصيف ، حين يقدم اليك مشروب مثلج في كأس زجاجية ، فانه سرعان ما يتراكم على جدران الكأس الخارجية غشاء من الماء ، وتفسير ذلك أن الهواء الملامس للكأس يبرد فجأة ، فيصل درجة التشبع ، ويبدأ بعد ذلك يتخلص من جزء مما يحمله من بخار على سطح الكأس باستمرار التبريد .

وتقاس الرطوبة النسبية للهواء بعدد من الأجهزة ، من أبسطها الهجرومیتر Hygrometer ، وهو عبارة عن شعرة بشرية مثبتة من أحد طرفيها ، ومربوطة الى مؤشر يدور على قرص مدرج من الطرف الآخر ، ويختلف طول الشعرة باختلاف الرطوبة ، فتتمدد بزيادتها وتنكمش

بندرتهـا ، وبالتالي يتحرك المؤشر محـددا نسبة الرطوبة . وعندمـا يستبدل المؤشر بريشة ترسم خطا على ورقة مدرجة تدور على اسطوانة بواسطة ساعة ، فان تغير الرطوبة النسبية للهواء يسجل بطريقة آلية ، وهذا ما يعرف بجهاز الهجروجراف . كذلك يمكن الحصول على قراءة تعين مقدار الرطوبة النسبية بمقارنة الفرق بين درجة حرارة ترمومتر عادي ، وآخر ملفوف حول مستودعه قطعة من قماش مبلل ، فسن المتوقع أن تكون القراءة على الترمومتر الجاف أعلى ، ذلك لأن التبخر سيخفض من حرارة الترمومتر الآخر ، بالحصول علـى هـذا الفرق وباستعمال جداول خاصة يمكن استخراج قراءة تدل على رطوبة الهواء النسبية .

التكاثف :

يحدث التكاثف في صوره المختلفة نتيجة لأحد عاملين ، أما بانخفاض درجة حرارة الهواء الى نقطة الندى ، أو باضافة كميات من بخار المـاء اليه حتى يصل نقطة التشبع ، والواقع أن التبريد هـو أشيع وسائـل التكاثف التي تحدث تساقطا على نطاق واسع ، فالهواء متى برّد خاصة اذا كان قريبا من نقطة التشبع حدث التكاثف ، ولكن قد يكون التبريد على نطاق موضعي محدود بفعل فقدان الحرارة ليلا ونشأ عن هذا صور ثانوية من التكاثف كالندى والصقيع والضباب ، وكلها صور تحدث على سطح الأرض أو قريبا منه .

أما التكاثف على نطاق واسع كـاف لنشأة السحب الممطرة وتساقط الثلوج فينشأ دائما في طبقات الجو العليا ، ويلزم لهذا تصعيد كتل الهواء الى مناسيب بعيدة عن سطح الارض ، ومن المعروف أن الغاز الصاعـد يفقد حرارتـه بالتدريج نتيجـة انتشاره وتمدده في الطبقات العالية ، حيث يتناقص الضغط الجوي ويتخلخل الهواء ، فاذا لـم يحدث تكاثف بالتيارات الصاعدة ، فان معدل هبوط حرارتها يكون نحو ٥٫٥ ف لكـل ألف قدم ، أما اذا حدث بها تكاثف تناقص معدل انخفاض حرارتهـا الى ٣ ف فقط لكل ألف قدم ، وذلك بسبب تحرر طاقة حرارية عند التكاثف

تعرف بالحرارة الكامنة ، وهي الطاقة الحرارية التي كانت تبقى ببخار الماء في التيارات الهوائية الصاعدة غازا ، فعندما تحول الغاز الى سائل انطلقت تلك الطاقة للجو مرة أخرى ، مسببة هبوط معدل انخفاض الحرارة على النحو الموضح ، وينبغي أن نشير هنا الى أن معدل انخفاض حرارة التيارات الهوائية بالصعود يختلف عن معدل انخفاض حرارة الهواء الساكن بالطبقات العليا على نحو ما أوضحنا عند مناقشة حرارة الهواء ، وهناك العديد من الأسباب التي تؤدي الى صعود الهواء في تيارات الى أعلى ، سوف نعرض لها بالتفصيل في موضع آخر .

صور التكاثف قرب سطح الارض :

يتم ذلك بواسطة التبريد المباشر الذي تتعرض له الطبقات السفلى من الهواء ، اما لفقدان حرارتها بالاشعاع الى الفضاء ، أو لملامستها سطح الارض البارد أو عند امتزاج تيارين هوائيين مختلفين في حرارتهما ورطوبتهما ، فعندئذ يحدث تكاثف في حيز هوائي ضيق مسببا الندى أو الصقيع أو الضباب .

النـدى :

حين ترتفع درجة حرارة الهواء أثناء النهار ، تنخفض رطوبته النسبية ، ومن ثم يكون أقدر على اكتساب بخار الماء ، ولكن عندما تنخفض الحرارة ليلا ، ترتفع الرطوبة النسبية تدريجيا باستمرار هبوط الحرارة ، حتى اذا ما بلغ الهواء نقطة التشبع ، تخلى عن قطرات صغيرة من الماء ، ترى في الصباح على الارض أو على أوراق النبات أو الأجسام المعدنية وزجاج النوافذ ، هذه هي قطرات الندى التي لا تلبث أن تتبخر بعد شروق الشمس بوقت قصير ، ولهذه الظاهرة أهميتها أحيانا بالنسبة للمزروعات التي تعتمد على المطر ، والظروف التي يجب توافرها لتكون الندى هي :

١ ــ أن تكون السماء صافية خالية من السحب خلال الليل ، لأن ذلك

يساعد علــى سرعة فقدان الأرض لحرارتهــا بواسطة الاشعاع ، وبالتالي تبريد طبقة الهواء الملامسة لأديمها .

٢ ــ أن يكون الهــواء ساكنا حتى تبقى الطبقة الملامسة لسطح الارض مستقرة فترة كافية لخفض حرارتها الى نقطة الندى ، أما في حالة نشاط النسمات ، فان هذا أدعى الى امتزاج الهواء السفلى البارد بهواء أدفأ من الطبقات التي تعلوه .

٣ ــ ألا يكون الهواء الملامس لسطح الارض شديــد الجفاف ، فكلمــا ارتفعت الرطوبة المطلقة كلمــا كانت فرص تكون الندى أكبر ، وهذا يفسر لنا اختفاء الندى في الايام التي يكون هواؤهــا جافا .

الصقيـع :

سبق أن ذكرنا شيئا عن هــذه الظاهــرة ، والصقيع يشبه الندى في كيفية تكونه ، ولكن الفرق بينهما أن بخار الماء في حالة الندى يتحول من غاز الى سائل ، بينما في حالة الصقيع يتحول بخار المــاء من غاز الى ثلج دون أن يمر بمرحلة السيولة ، وسبب هذا هــو هبوط درجــة الحرارة أثناء الليل دون التجمد .

الضبــاب :

هو عبارة عن جزئيات صغيرة من الماء ، تبقى لخفتها عالقة بالهــواء لفترة من الزمن ، ويختلف الضباب في كثافته ما بين ضباب خفيف سريع التلاشي ، الى طبقات متكاثفة تحجب الرؤيا ، وتسبب أخطارا في الملاحة والمواصلات ، وهو على أنواع مختلفة من حيث المنشأ :

١ ــ ضباب الاشعاع Radiation fog : ويحدث نتيجة فقدان الهواء حرارته بالاشعاع ، أو بملامسته الارض الباردة ، وهو كالندى يظهر نحو نهاية الليالي الباردة الصحو القليلة النسمات ، ويسود هذا النوع من الضباب في الأوديــة والأحواض المنخفضة ، حيث يتجمع الهــواء البارد ، ويبقى

ضباب الاشعاع فترة قصيرة ، حيث أنه يتكون في ساعات الليل الباردة ، ثم تبدده الشمس بعد شروقها في الساعات الاولى من النهار .

٢ ـ **الضباب المنقول advection fog** : ويتكـون في تيارات الهـواء الرطب الدفيء ، اذا تحرك فوق أسطح باردة ، فتهبط حرارتـه لتصل نقطـة الندى ، والفرق بين هـذا النوع والنوع السابق هـو ملاءمـة السكون لضباب الاشعاع ، وضرورة الحركة للضباب المنقول ، ويكثر حدوث هذا الضباب فوق المحيطـات ، خاصـة في فصل الصيف ، وعلـى شواطـىء البحيرات ، وعلى اليابس في العروض المعتدلة أثناء فصل الشتاء ، وأشهر أنواعه توجد بالمناطق الساحلية التي تمـر بهـا تيارات بحرية باردة ، مثل ساحل كاليفورنيا ، وحول جزيرة نيوفونولند وساحل شيلي، وساحل أفريقيا الجنوبي الغربي والشمالي الغربي ، وحـول جـزر اليابـان ، فالرياح الدافئة القادمة من المحيط حين تمر بأسطح هذه التيارات تبرد، ويتكاثف جزء من بخارها مكونا ضبابا كثيفا ، يستمر فترات أطول من النوع السابق ، كما أنه قد يحدث في الصباح أو بعد الظهر ، وفي داخـل القارات ينشأ الضباب المنقول بالعروض العليا ، حـين تهب تيارات من هواء رطب دافيء نسبيا فوق سطح الأرض المغطى بالجليد أو الثلوج في اتجاههـا نحو القطبين .

٣ ـ **ضباب الجبهات frontal fog** : ويتكون بمناطق التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما الطبيعية ، فالتقاء هواء بارد بآخر دافيء رطب يؤدي الى حدوث تكاثف على طول جبهة الالتقاء ، ومن ثم تكون الضباب.

ويكثر الضباب بصفة عامة فوق المحيطات عنه فوق اليابس ، وفوق المسطحات المائية بالعروض العليا والوسطى عنه بالعروض المداريـة ، كما أنه على السواحل أكثر ظهورا منه بداخلية القارات ، وكذلك تعطى الجهات المتضرسة فرصا أكبر لنشأته عن الاراضي المستوية . واذا كـان للضباب أخطاره على الملاحة البحرية والجوية والمواصلات عامة ، فلـه فوائده أيضا بالنسبة للمزروعات في المناطق القليلة الامطار .

التساقط :

يحدث التساقط نتيجة للتكاثف على نطاق واسع بطبقات تعلو سطح الارض ، حيث تتكون السحب الكثيفة السميكة ، نتيجة للتبريد المرتبط بتصاعد الهواء وتمدده ، وقد قدر أن أية كتلة هوائية يتضاعف حجمها اذا رفعت ٥٥٠٠ متر ومن ثم فانها تزاحم ما حولها من هواء بدفعه جانبا بعيدا عن مساراتها ، وهذا الدفع يتطلب طاقة تسحب من الهواء المتحرك ذاته ، فتخفض من حرارته بالقدر الذى يسمح بتكاثف وفير ، والعكس صحيح ، اذ أن تيارات الهواء الهابطة تتكدس فتتضاغط ، مما يسبب انطلاق طاقة حرارية ترفع من درجة حرارة الهواء ، وبالتالي من شراهته على امتصاص الرطوبة ، وهذا عكس التكاثف .

أشكال التساقط :

المطر : يحدث حينما يتجمع رشاش الماء بالسحب في قطرات من الكبر والثقل بحيث يتعذر بقاؤها عالقة بالهواء فتهوي الى الأرض ، وقد تلتحم بعض القطرات بالبعض أثناء سقوطها مكونة قطرات كبيرة ، تبلغ أقطارها نحو ٧ مم ، ولكن اذا زاد حجم القطرات عن هذا القدر ، فانها تنقسم فتصل سطح الارض على شكل رذاذ رفيع . اذا سقطت قطرات المطر فوق أرض تغطيها طبقة من الهواء حرارتها دون التجمد ، فانها تتصلب عند اصطدامها بسطح الارض ، أو أوراق الاشجار ، أو أسلاك الهاتف ، مكونة طبقة جليدية زجاجية القوام glaze ، تكون لها خطورتها على الاشجار والاسلاك الهوائية للهاتف والكهرباء ، كما تجعل السير على الطرق مخطرا .

ويقدر المطر بعدد البوصات أو المليمترات الساقطة خلال فترة زمنية معينة ، فبوصة من المطر تعني أنه سقطت كمية منه تكفي لتغطية سطح الارض بالبقعة التي نزلت عليها بسمك بوصة واحدة ، باعتبار أنه لم يفقد منها شيء بالبخر أو التسرب الى جوف الارض ، أو الانسياب الى

مواضع أدنى فوق السطح . ويمكن قياس المطر بوسيلة بسيطة لا تتعدى وضع اناء مسطح القاع مستقيم الجوانب في الخلاء ، وقياس ما يتجمع به من ماء المطر خلال فترة زمنية محددة، ومالم تكن المدة الزمنية قصيرة فان نتائج هذه الوسيلة البدائية سوف تتأثر بالتبخر ، مما قد يعطي نتائج مجافية للواقع ، هذا بالاضافة الى أن الكميات القليلة التي لا تتجاوز عشر البوصة سوف تكون طبقة رقيقة من الماء بقاع الوعاء بدرجة يتعذر معها القياس بدقة .

لهذا فان الامطار تقاس بجهاز خاص rain gage ، يقلل من فرص البخر ، ويبين الكميات الساقطة مهما قل سمكها ، ويتألف من اسطوانة مفتوحة السقف ، على شكل قمع ينتهي الى أنبوبة مدرجة ضيقة تساعد على قراءة الكميات الضئيلة ولا تسمح بالتبخر ، ومتى امتلأت هذه الانبوبة لزم افراغها ، وقد يوصل الجهاز أحيانا بوسيلة آلية تعمل على افراغه ذاتيا وتسجيل عدد مرات التفريغ . وللحصول على نتائج دقيقة ينبغي وضع جهاز قياس المطر في مكان مكشوف ، بعيدا عن المباني والاشجار ، كذلك لا يصح وضع الجهاز في مكان مرتفع كثيرا عن الاراضي المحيطة به ، حتى لا يتأثر المطر بسرعة الريح ، التي قد تدفعه بعيدا عن فتحة الجهاز .

الثلج :

عبارة عن مياه متجمدة في بللورات تتكون مباشرة من تصلب بخار الماء بالسحب ، دون المرور بحالة السيولة ، ويتخذ عند سقوطه أشكالا هندسية بديعة متعددة ، ذات جوانب تتراوح بين الثلاثية والسداسية أو المتشعبة ، وحين يسقط الثلج في ندف تشبه الريش الرفيع المتطاير ، فانه متى وصل سطح الارض غطاها بطبقة هشة ، ان لم تذب تماسكت وتصلبت بضغط ما يضاف اليها ، وعندئذ يتحول الثلج الى جليد . وقد يسقط الثلج في العروض دون المدارية ، ولكنه لا يستقر فوق سطح الارض سوى فترة وجيزة قبل أن يذوب ويختفي ، أما في العروض

المدارية والاستوائية فان الثلج لا يسقط الا على ارتفاعات شاهقة ، ولا يبقى فوق القمم الا على منسوب أعلى من خط الثلج الدائم ، وتتزايد فرص التساقط الثلجي بالجهات الباردة بالاتجاه صوب القطبين ، حتى نصل الى عروض يظل الجليد فيها على سطح الارض طول العام ، حتى على ارتفاع مستوى سطح البحر .

قياس كمية الثلج الساقطة من الامور الصعبة ، والنتائج التي يحصل عليها أحيانا غير دقيقة ، ويرجع ذلك الى أن أجهزة قياس الثلج لا تظل في أماكنها طول السنة ، وانما يسرع بوضعها عندما يبدأ الثلج في السقوط ، وبذلك قد يضيع جزء لا يتم تسجيله . كذلك على سفوح المرتفعات العرضة للتساقط الثلجي أكثر من غيرها قد لا يتلقى الجهاز كل الثلج الساقط بسبب زاوية الميل ، يضاف الى ذلك أن الثلج الذي يسقط في مكان ما ، وخاصة في مناطق المرتفعات ، لا يظل في مكانه ، وانما ينحدر الى الاماكن المجاورة . وتقاس كمية التساقط الثلجي باذابة عامود وتحديد كمية المياه الناتجة ، ويعادل كل قدم من الثلج نحو بوصة واحدة من الماء ، ولكن هذه النسبة تتراوح كثيرا ما بين ٣٠الى ١ في الثلج الهش الخفيف ومن ٢ الى ١ في الجليد القديم المتصلب أو الذائب جزئيا .

البـرد :

وهو مظهر آخر من مظاهر التساقط ، الا أنه نادر الحدوث ، ويقتصر سقوطه غالبا على مناطق محدودة ، والبرد عبارة عن كرات من الجليد تتراوح أقطارها ما بين ٣ مم و ٢٠ مم ، وقد يكون حجم حبات البرد من الكبر بحيث تؤدي الى تهشيم زجاج النوافذ ، والحاق الضرر البليغ بثمار أشجار الفاكهة . ويحدث سقوط البرد عادة أثناء هبوب عواصف الرعد ، فبعد أن يتكاثف البخار الى قطرات كبيرة من المطر ، فان حركتها الى أسفل ثم الى أعلى تؤدي الى تبخير جزء منها ، فيبرد ما تبقى ويجمد ، فتضاف اليها أغشية أخرى في حركتها الرأسية اذ أنها كلما حاولت السقوط عادت فارتفعت مع حركة التصاعد القوية ، وتستمر هذه العملية مرارا

حتى يزداد وزنها ، ولا تستطيع التيارات الهوائية الصاعدة حملها ، فتسقط الى الارض . ويندر سقوط البرد بالعروض القطبية ، لخلوها من عواصف الرعد ، وكذلك يندر حدوثه في المناطق الاستوائية ، لانه حتى لو تكون بطبقات الجو العليا فانه يذوب قبل أن يصل الى الارض .

أنواع التساقط :

اذا كان ارتفاع الهواء هو السبب المباشر لجميع صور التساقط ، فان هناك ثلاثة بواعث رئيسية تؤدي الى رفع الهواء وتبريده هي التصعيد والتضرس والالتقاء ، وينبغي أن نشير هنا الى أن هذه العوامل لا يمكن فصلها الواحد عن الآخر فصلا تاما ، بل غالبا ما يتآزر عاملان أو حتى العوامل الثلاثة بدرجات مختلفة في مكان واحد لرفع الهواء واحداث التساقط .

١ ـ التصعيد : convection : تنشأ أمطار التصعيد أينما وجدت خلايا من الهواء الدافيء المنتشر الى أعلا بفضل خفة وزنه عما يجاوره من هواء ، ولكي تكمل الدورة ينبغي أن تقابل هذه الخلايا أخرى من الهواء الهابط في مواضع أخرى بسبب برودته وارتفاع كثافته . ولكي نبسط هذه الصورة نفترض وجود مساحة واسعة من سطح الارض تتألف من رقاع متباينة بعضها مكشوف وبعضها مزروع بينما تغطي أشجار غابات متكاثفة بعضها الآخر ، فانه عند سطوع الشمس في أحد أيام الصيف القائظة سوف تتفاوت كمية الطاقة التي يتلقاها سطح الارض بين هذه البقاع وبالتالي ستختلف حرارة الهواء الملامس لكل منها . فالبقاع المكشوفة اذ تتلقى طاقة أكبر فانها تساعد على تسخين الهواء فوقها أكثر مما حولها ومن ثم ترتفع أعمدة من الهواء عليها ، تشبه انبعاث الدخان رأسيا من مداخن المصانع ، ويدرك الطيارون المواضع التي يحدث بها الرفع ويستغلونها في الصعود الى مناسيب أعلى . كلما ارتفع الهواء على هذا النحو هبطت حرارته ، ويظل كذلك حتى يصل مستوى تتعادل عنده حرارته مع حرارة الوسط الهوائي المحيط به فيستقر ، فاذا فرض

وانخفضت درجة الحرارة دون نقطة الندى قبل أن يستقر الهواء المتصاعد ، بدأ التكاثف ، وظهرت سحب التراكم على شكل رؤوس بيضاء نشطة الحركة ، تشبه بنات الزهر (القنبيط) ، وباستمرار نمو هذه السحب تحدث عواصف الرعد ويهطل المطر .

حدوث التكاثف يؤدي الى اطلاق سراح الحرارة الكامنة في جزئيات البخار المتكاثف فتعمل هذه الحرارة على تسخين طبقات الهواء التي تمت بها عملية التكاثف ، فيحدث تصعيد آخر ، وهكذا تستمر العملية على مستويات مختلفة ، حتى تنخفض نسبة بخار الماء في الهواء ، أو حتى يبرد الهواء الى درجة لا تساعد على رفعه مرة أخرى . ومن صفات مطر التصعيد أنه يحدث في مناطق محدودة وليس على نطاق واسع ، والسحب المصاحبة لهذا النوع من الامطار هي الركامى أو المزن الركامي، وتستمر الامطار فترة قصيرة من الزمن ، ولكنها أمطار غزيرة منهمرة ، لذا فهي غير مفيدة كثيرا للمحاصيل الزراعية ، اذ يضيع الكثير منها منسابا فوق سطح الارض ، مما قد يضر التربة ، اذ يؤدي الى جرفها وتعريتها ، وقد تحدث العواصف الرعدية الناتجة عن التصعيد في العروض المعتدلة والباردة وأثناء الساعات الدفيئة من النهار ، وذلك في فصل الصيف ، وأهم مناطق سقوط مطر التصعيد هي العروض الاستوائية والمدارية حيث تسقط أمطارها بصورة منتظمة في كل أيام السنة، في ساعات المساء، بعد أن يتم التسخين والتصعيد .

٢ ـ أمطار التضرس : prographic : وتعني حرفيا الامطار الجبلية المنشأ ، فالرياح الدائمة وكتل الهواء الاخرى ، كثيرا ما تعترضها حواجز تضاريسية ، قد تكون جبالا عالية أو هضابا أو حتى تلالا ، ونظرا لطبيعة الهواء كغاز لا يرتد أمام تلك الحواجز بل يحاول أن يركبها ويتخطاها ، وذلك بالصعود على جوانبها وعبور قممها وأسطحها ، ومن ثم فانه يبرد وتتكاثف رطوبته على الجوانب التي تقع في مقتبل الريح ، ولما كان بخار الماء يتركز في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ، فان أمطار التضاريس

قد تسقط لوجود أي عائق حتى اذا كان متواضع المنسوب ، فالاختلاف بين منسوب سطح المحيط والسواحل المطلة عليه تحدث الاثر التضاريسي المطلوب .

هذا فيما يتعلق بمقتبل الريح من التضاريس ، أما الجوانب الواقعة في منصرف الريح من العوائق الطبوغرافية فيتضاءل نصيبها من الامطار كثيرا ، حتى قد يسودها جفاف شديد ، ويقال لهذه الحالة ظل المطر ، ذلك أن الرياح القادمة تكون قد فقدت معظم حمولتها من الرطوبة على سفوح المقتبل ، فاذا ما تخطتها كانت جافة على المنصرف ، يزيد من جفافها في هذه الحالة ما يعتريها من تسخين كالحال في رياح الشنوك والفوهن .

وليس للمطر التضريسي دورة يومية خاصة ، على نحو ما هو مألوف بالنسبة لامطار التصعيد ، بل انها ترتبط بالدورة العامة للرياح ومن ثم يكون تأثيرها فصليا ، اذا وقع موسم الرطوبة في أحد الفصول . ومثال ذلك جبال الغات الغربية على حافة شبه القارة الهندية ، وجبال الهملايا ، حين تعترض الموسميات الصيفية الهابة على شبه القارة الهندية ، فتسجل أرقاما قياسية من المطر الفصلي ، فاذا ما وصلت تلك الرياح المناطق الواقعة شمال الحاجز الجبلي بالتبت وأواسط قارة آسيا ، كانت شحيحة الامطار .

مثال آخر قارة أمريكا الشمالية خاصة قسمها الغربي في نطاق الرياح العكسية ، فهنا تهب الرياح الرطبة على مدار السنة من المحيط الهادي مسببة أمطارا عميمة على السلاسل الجبلية الساحلية من شمال ووسط ولاية كاليفورنيا ومرتفعات السيرانفادا ، التي يتراوح ارتفاع قممها ما بين ٣٥٠٠ و ٤٠٠٠ مترا ، وتتعرض الواجهات الغربية من هذه المرتفعات لتساقط غزير من هذه الرياح ولكن متى عبرت المرتفعات . فانها لا تصيب الجانب الآخر الا بأمطار نادرة ، وعلى فترات متباعدة ، وهذا هو سر جفاف صحراء نفادا والهوامش الشرقية الداخلية من كاليفورنيا ، حيث يبلغ الجفاف أشده في منخفض وادي الموت ، والواقع أن كثيرا من الامطار التضاريسية هي في حد ذاتها من النوع التصعيدي ، التي تنتج عن عواصف

مركزة ، ذات طبيعة انقلابيــة ، فالرياح حين تضطر لصعود المرتفعات تتسبب في عــدم استقرار ظروف الطقس وبالتــالي حدوث العواصف الماطرة .

٣ ــ أمطار جهات الالتقاء frontal : ويسمى هــذا النوع بالمطر الاعصاري cyclonic أيضا لارتباطه بمرور أعاصير تجتذب تيارات هوائية من مصادر مختلفة ، تتباين في درجة حرارتها ، وهذا يؤدي الى حركة صعود بالنسبة للهواء الأدفأ على الهواء الابرد الاكثر وزنا ، فيحدث التكاثف على طول جبهات الالتقــاء ، ويكفي أن نذكر هنــا بأن شطرا كبيرا من التساقط بالعروض الوسطى والعروض العليا يرتبط بالعواصف الاعصارية ، أو بمعنى آخر بالمنخفضات الجوية المتتابعة التي تتحرك شرقا ، وتؤدي الى التقاء هواء مــداري بآخر قطبي ، ويلاحظ أن التقــاء الهواء بالنطاق الاستوائي لا يكون له مثل هذا التأثير ، ولا ينتج عنه تساقط اعصاري ، لان كتل الهواء التي تتقابل في هذه العروض تكون مشابهة في حرارتهــا ورطوبتها .

عواصف الرعد :

عبارة عن عواصف محلية يصحبهــا رعد وبرق ومطر منهمر ينصب فجأة كأفواه القرب ، متركزا في فترة زمنية قصيرة ، وغالبا ما يسبق هذه العواصف هبات عنيفة من الرياح السطحية ، رغم أن حركة الهواء بهــا تكون أساسا حركة رأسية ، وقد أجريت على هذه الظاهرة الكثير مــن الدراسات بواسطة استخدام الطيران ، بالتعاون مــع محطات الارصاد الارضية ، والاجهزة المركبة ببالونات اختبار الطقس، وشاشات الرادار، وثبت منها أن معظم عواصف الرعد تتألف من عدد من الخلايا يكون الهواء في بعضها صاعــدا ، بينما تفســح الاخرى المجال مام أعمدة من الهواء الهابط ، وتمر كل من هذه الخلايا بــدورة حياة معينة ، ولكن قبل أن تنفض واحدة منها تكون أخرى في سبيلها الى الظهور ، حتى أن العاصفة

الواحدة تشتمل في المعتاد على أجيال من هذه الخلايا تمثل جميع الاطوار .

وتبدأ هذه الاطوار بنشأة عامود صاعد من الهواء باستمرار ، تتوجه سحابة من النوع الركامي ، ويسحب هذا العامود الهواء المجاور له أثناء ارتفاعه ، ولكن حالما تبلغ الخلية مرحلة النضج ، تهطل الامطار، ويصحب ذلك ارتداد جزء من الهواء الى أسفل في صورة تيار نازل ، ينتشر متى وصل الارض كهواء سطحي بارد ، في هبات عنيفة تؤذن بهطول المطر ، وعندما يمتد هذا الهواء ليغطي كل مساحة سطح الارض تحت الخلية الصاعدة ، فان هذا يعني مرحلة الانخفاض أو التلاشي بالنسبة لها ، وعندها تنتشر فوق البقعة سحب عالية ، وفي نفس الوقت تتكون خلية جديدة اذا كانت العاصفة من النوع المركب ، ومن ثم يستمر نشاطها ويتجدد .

وقد لوحظ أن سرعة الهواء بالاعمدة الصاعدة قد تبلغ مائتي كيلومتر في الساعة ، من واقع حجم كرات البرد التي تصل أقطارها ثمانية سنتمرات أو أكثر ، فتلك الكرات الكبيرة لا يمكن أن تبقى عالقة في الهواء أثناء تكونها ما لم تكن الرياح بهذه السرعة ، والهواء الساخن هو وقود الحركة في عواصف الرعد ، لانه وحده قادر على التحمل بالرطوبة ، ولانه بسبب خفته قادر على التمدد والصعود ، ولهذا فان مثل هذه العواصف تكثر بالعروض الدنيا ، وتنعدم بالعروض القطبية ، ولا توجد الا صيفا بالعروض الوسطى .

عواصف الرعد على أنواع حسب أسباب نشأتها ، من أشيعها ما ينشأ بسبب تسخين سطح الارض والهواء الملامس له ، خاصة اذا توافرت كميات مناسبة من الرطوبة . مما يتبعه تكون تيارات صاعدة ، تتبعثر فوق مساحات واسعة على نطاق اقليمي ، وتنشط هذه العواصف عادة في الساعات المتأخرة من النهار ، بعد أن يكون الهواء السطحي قد بلغ أقصى درجات التسخين .

وثمة نوع آخر ينشأ بسبب برودة الطبقات العليا من الهواء وأسقف أغطية السحب ليلا بفعل الاشعاع السريع للفضاء الخارجي، وبالتالي تهبط تيارات باردة الى أسفل، دافعة محلها كتلا من الهواء السطحي الدافيء، فيخرج الطقس عن استقراره، وتنشأ العواصف في ساعات الليل المتأخرة. ومن هذه العواصف أيضا ما يصاحب الامطار التضاريسية، كالحال في موسميات جنوب شرق آسيا عند تسلق الرياح جبال الهيملايا، ومنها كذلك ما ينشأ على الحواف الجبلية للاحواض الصحراوية الداخلية، كالحال في الحوض العظيم بالولايات المتحدة، حيث يقترن صعود الهواء على هذه الحواف بظهور سحب بيضاء لا تسبب عواصف محلية.

الخصائص العامة للتساقط :

ليس المهم هو معرفة كمية الامطار الساقطة على بقعة ما فحسب، بل ان موسم السقوط واحتمالات المطر، ومدى تركزه أو تشتته وامكانية الاعتماد عليه، كلها أمور توضع في الحسبان بالنسبة للدراسات المناخية، واذا كان سطح الارض ككل يتلقى سنويا من المطر ما يكفي لان يغطي جميع بقاعه بغلاف من الماء سمكه نحو متر فان التوزيع الحقيقي صورة مختلفة تماما، فكمية التساقط تتباين كثيرا من مكان لآخر، فعلى حين تتحرق مساحات واسعة للمطر فلا يسقط بهاسنويا سوى سنتيمترات قلائل تعد على أصابع اليد الواحدة، نجد أن القليل من المحطات يغرقها المطر فتسجل مئات السنتيمترات، ومنها على سبيل المثال بعض محطات شمال الهند حيث يزيد التساقط على عشرة أمتار سنويا.

فصلية الامطار : قد تتوزع الامطار على مدار السنة في بعض الاقاليم، كالحال بالجهات الاستوائية والجوانب الغربية من القارات في العروض دون القطبية، حيث لا يخلو شهر من شهور السنة من المطر، وان كان معدل التساقط في بعض الشهور يزيد على بعضها الآخر، مما يسبب ذروة أو أكثر. والى جانب ذلك قد تتركز الامطار في بعض فصول السنة بشكل واضح، كالامطار الشتوية بأقاليم طراز مناخ البحر المتوسط، أو الامطار

الصيفية الغزيرة بالجهات الموسمية . وقد تؤثر فصلية المطر أو توزعه على مدى فعاليته ، فالامطار الصيفية في بعض الجهات يضيع جزء كبير منها بالبخر ، في حين أن الامطار والثلوج الشتوية قد تكون قليلة الجدوى بالنسبة للنبات ، بسبب شدة البرودة ، وتوقف النمو في العروض العليا والقطبية أثناء فصول الحرارة الدنيا . أما بالعروض المدارية حيث الحرارة عالية على مدار السنة ، فانه لا يهم كثيرا في أي فصل من الفصول تسقط الامطار .

درجة الاعتماد على المطر : في كثير من بقاع العالم تقوم الزراعة على المطر ، واذا كان من المفيد معرفة الكميات المطلقة ، ومواعيد بداية مواسم التساقط ونهايتها ، فان كل ما لدينا في الغالب هو معدلات أو متوسطات حسابية لكميات الامطار التي هطلت خلال عدد من السنين . ولكن يلاحظ أن الكميات التي تسقط فعلا في السنوات المختلفة قد تفترق كثيرا عن المعدل اما بالزيادة أو النقصان ، وكلما زاد هذا الافتراق عن المعدل في محطة ما كان معنى ذلك أن الامطار في هذه المحطة لا يعول عليها كثيرا ، فهي تارة تشح حتى قد يهلك الزرع وقطعان الحيوانات بالمراعي ، وأخرى تسخو لدرجة الفيضان أو الطوفان المدمر ، وقد لوحظ بصفة عامة أن التفاوت بالاقاليم الرطبة ذات المطر الغزير ، أقل منه بالاقاليم الجافة وشبه الجافة ، ولذا فانه يلزم الحصول على معدلات لعدد كبير من السنوات قد تصل أكثر من ٣٥ سنة بالنسبة للجهات الجافة ، قبل الخروج بمعدل معقول يبرز واقع التغيرات في مثل هذه الجهات ، أما المناطق الرطبة فقد يكفي لحساب المعدل بها معرفة كميات الامطار خلال عشر سنوات أو نحو ذلك .

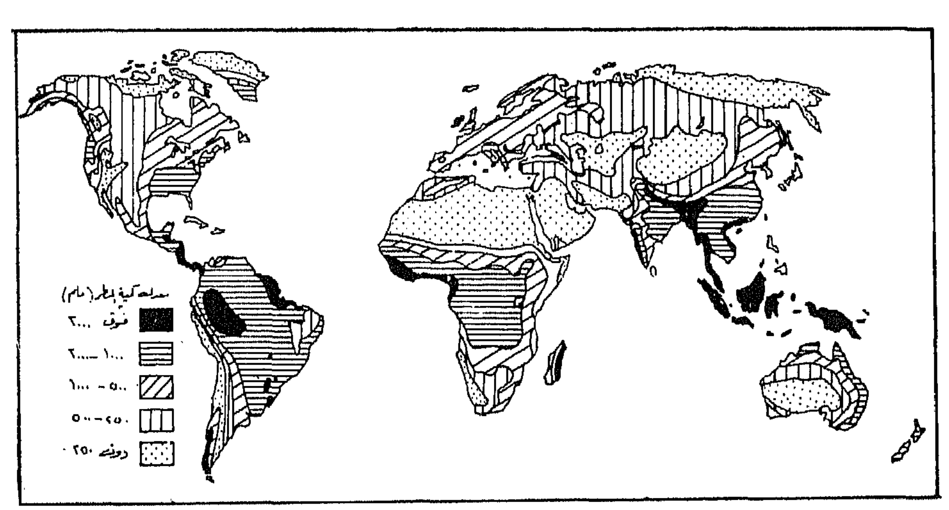
احتمالات التساقط وتركيزه :

في هذا الخصوص يهمنا معرفة متوسط عدد الايام التي يسقط بها المطر في السنة ، واليوم الممطر هو الذي يسقط به على الاقل ٢٥ مم من المطر خلال ٢٤ ساعة ، وبمقارنة ذلك بالمعدل السنوي في أية محطة يمكن حساب نسبة التركيز ، ففي لندن مثلا تتوزع الامطار السنوية البالغة

٦٢٠ مم على ١٦٤ يوما ممطرا ، بينما في تشيرايونجي بالهند يتوزع المطر السنوي ومقداره عشرة أمتار على ١٥٩ يوما ممطرا فقط ، معنى ذلك أن نسبة التركيز في المحطة الاخيرة أضعاف نظيرتها في لندن ، أما احتمالات المطر فهي نسبة عدد الايام الماطرة الى عدد أيام السنة ، وهذه النسبة تهم الزراع اذ من الواضح أنه كلما تدنت النسبة كلما قلت ملاءمة الظروف للانتـــاج .

التوزيع الجغرافي للتساقط

يوضح ذلك على خرائط للعـــالم بواســطة خطوط تشبـــه في طريقة انشائها خطوط الحرارة أو خطوط الضغط المتساوي ، وتعرف الخطوط في هذه الحالة بخطوط المطر المتساوي isohyetes ، وكل منها يمر بجميع البقاع التي تسقط بها نفس الكمية الموضحة رقميا عليه ، فاذا تفحصنا خريطة من هذا النوع (شكل ٧٠) لاحظنا وجود نطاق غزير المطر تزيد به



شكل (٧٠) توزيع المطر السنوي

المعدلات عن ١٠٠ سم سنويا ويتفق هذا النطاق مع العروض الاستوائيـــة حيث الحرارة عالية على مدار السنة ، والتبخر سريع من مسطحات محلية

شاسعة ، كفيلة بأن تضيف كميات هائلة من البخـار للهواء ، الذي يسبب عدم استقرار الطقس ، وسرعة التصعيد والانقلاب ، وما يصحب ذلك من عواصف رعد .

وقد يتدخل العامل الاورجرافي ممثلا في العديد من السلاسل الجبلية والمرتفعات ، فتزداد المعدلات السنوية كثيرا. من ناحية أخرى تشح الامطار بشكل ملحوظ بمراكز الضغط المرتفع شبه المدارية ، بسبب هبوط الهواء وتسخينه ، ولذا فان صحارى شمال افريقيا والصحارى العربية وايران وصحراء غرب استراليا وجنوب غرب افريقيا وغرب أمريكا الجنوبية تتفق في توزيعها مع هذه النطاقات ، ولكن ينبغي أن نلاحظ أن الرياح التجارية لا تعني بالضرورة جفاف مناطق نفوذها جميعا ، فحيثما أقبلت هذه الرياح من المحيط وصادفت ساحلا متضرسا ، سببت كميات عالية من تساقط التضرس ، وكمثال على هذا منطقة أمريكا الوسطى وجزيـرة مدغشقر حيث تهطل على السواحل الشرقية بكل منها ما يزيد على ١٠٠ سم من المطر في المعدل تجلبها التجاريات .

في نطاق الرياح الموسمية يزداد المطر بشكل ملحوظ بالمناطق الجبلية المرتفعة ، ويتضح ذلك بجبال الهيملايا وامتدادهـا نحو الجنوب حتى ماليزيا ، وأيضا مرتفعات الغات الغربية على الجانب الغربي لشبه القارة الهندية ، وكذلك تتلقى السلاسل الجبلية في الجزر الاوندونيسية أمطارا أوروجرافية عالية ، بفضل تعرضها للموسميات الآسيوية بنصف الكرة الشمالي ، وللموسميات الاسترالية الهابة على نصف الكرة الجنوبي .

يبدو أثر العكسيات الغربية الرطبة في العروض الوسطى ما بين خطي عرض ٣٥° ، ٦٠° شمالا وجنوبا ، فهنـا تمتد أشرطة من مناطق الامطار الغزيرة بمحاذاة السواحل الغربية للكتل القارية ، من أبرزها السواحل الجنوبية لشبه جزيرة ألسكا وكولمبيا البريطانية في أمريكا الشمالية ، ثم سواحل جنوب تشيلي في أمريكا الجنوبية، وفي الحالتين للعامل الاوروجرافي أثره حين تعترض الجبال الرياح الرطبة القادمة من المحيط الهادي . والى

نفس النـــوع تنتمي الجهات الغربية مـــن قارة آوربا ، غير أن تواضع منسوب الجبال هنا تتبعه قلة نسبية في الامطار .

وفي نطاق نفوذ هذه الرياح تسود مناطق شبه جافــة أو صحراوية بجهات ظل المطر خلف الحواجز الجبلية المنيعـــة في نصف الكرة الغربي كصحراء بتاجونيا بأمريكا الجنوبية ، وصحراء نفادا بالولايات المتحدة الامريكية . أما النظير الاوربي لهذه الجهات الجافة فيتمثل في الشـــطر الشرقي من شبه جزيرة أيبيريا ، ولكن التأثير الحقيقي للبعد عن المؤثرات البحرية لا يظهر بوضوح الا اذا أخذنا بعين الاعتبـــار أوراســـيا ككل ، فهنا نلاحظ جفاف الداخل القاري كما تبديه صحارى وسط آسيا التي تحجب عنها الجبال في الجنوب تأثير الموسميات ،كما يتضاءل أثر الغربيات بالتوغل في قارة أوربا .

كل من شرق الولايات المتحـــدة الامريكية وشرق آســـيا بما في ذلك اليابان والشطر الاكبر من الصين وكوريا ومنشورياجهات وفيرةالامطار، رغم وجودها في منصرف الرياح الغربية ، وتفسير ذلك هو وقوع تلك الجهات في ممر كتل من الهواء المداري الرطب صيفا كجزء من الدورة الموسمية العامة .

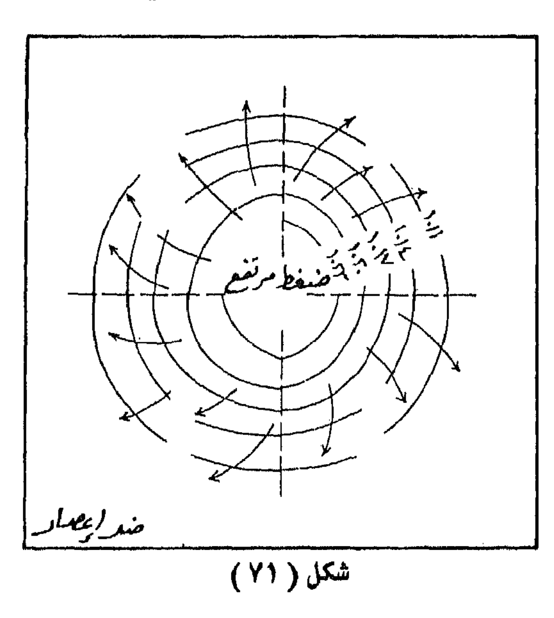
أما المناطق القطبية فحظها من التساقط قليل ، فالجو هنا من البرودة بدرجة لا تسمح للهواء بالتحمل الا بقدر نادر من الرطوبة ، غير أن قلة التبخر تحفظ الماء ورطوبة التربة الناتجة عن ذوبان ثلوج الشتاء .

الأعاصير وكتل الهواء وجبهات الطقس

الأعاصير واضدادهـــا :

يرتبط الطقس الغائم الممطر غير المستقر بكل من العروض العليـــا والوسطى بمرور الاعاصير cyclones وهي عبـــارة عن منخفضات جويـــة تتحرك في مسارات معينةوتجذبالرياح نحو مراكزها منكافة الاتجاهات، مما يسبب التقاء تيارات من الهواء ، تختلف في خصائصهـــا ، ومن ثـــم

يحدث التصعيد والتبريد لبعض كتل الهواء التي يتكاثف ما بها من بخار ويسقط أمطارا وثلوجا ، وفي نصف الكرة الشمالي يكون اتجاه الرياح التي تقصد هذه المراكز من الضغط المنخفض على شكل دوارات تعمل في اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة ، وعلى النقيض من ذلك ترتبط ظروف الطقس المعتدل المشمس في نفس العروض بأضداد الاعاصير anticyclones وهي عبارة عن مراكز الضغط المرتفع تشغل قلوبها أعمدة من الهواء الهابط المسخن تفترق عند سطح الارض مشكلة رياحا خارجة في كافة الاتجاهات ، على هيئة دوامات هوائية ، يتفق اتجاه الحركة فيها مع دورة عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي (شكل ٧١) .



شكل (٧١)

وتتراوح الاعاصير كثيرا من حيث حدتهـا ، فبعضها قد يكون من الضعف بدرجة تجعلها تمر ولا يكاد يشعر بها أحد ، ولا ينجم عنها سوى طقس غائم ورذاذ خفيف ، ولكن في كثير من الاحيـان يكون المنحـدر البارومتري وعرا ، وبالتالي تشتد هبات الهواء صوب مراكز المنخفضات مشكلة عواصف حقيقية ، ويمكن تصنيف الاعاصير الى ثلاثة أنواع هي

أعاصير العروض العليا والوسطى ، وتتفاوت في شدتها بين ضعيف وعاصف ، ثم أعاصير العروض المدارية خاصة فوق الاحواض المحيطية ، وقد تبلغ من العنف درجة تسبب الخراب والدمار حين تضرب اليابس كالحال في عواصف التيفون والهريكين وأخيرا هنالك زوابع الترنيدو المحلية ، وهي برغم صغرها الا أنها دائما غاية في العنف .

لقد كان التفسير الدارج لطقس العروض الوسطى فيما بين ٣٥° ، ٦٥° شمالا وجنوبا بصفة خاصة يفهم على أساس مرور سلسلة من المنخفضات الجوية أو الاعاصير تفصل بينها أضداد أعاصير ، توضح على خرائط الطقس اليومي بخطوط الضغط المتساوي المغلقة ، وتستهلك هذه المنخفضات والمرتفعات مسارات غربية شرقية بحيث يمكن تتبع حركتها والتنبؤ بمواضعها من يوم الى يوم ، فالمنخفضات أو الاعاصير تتألف من مراكز انخفاض بارومتري بيضاوية الشكل تمتد محاورها الطولية من الجنوب الغربي الى الشمال الشرقي ، وغالبا ما تغلق خطوط الضغط حولها بحدة في أطرافها الجنوبية أو الجنوبية الغربية ، متخذة شكل الحرف اللاتيني (V) ، الذي يعني وجوده فوق بقعة ما نشاطا متزايدا لرياح متغيرة الاتجاه ، تهب أول الامر من الجنوب فالجنوب الشرقي وأخيرا تتحول الى شمالية غربية ، ويرتبط بهذا النطاق نشاط رعدي يعقبه هبوط مفاجيء في درجات الحرارة عندما تهب الرياح من الربع الشمالي الغربي ، وتتراوح أقطار هذه المنخفضات بين ٧٥٠ و ١٧٥٠ كيلومترا وتسافر بسرعة ٥٠ كيلومترا في الساعة ، وفيما بين هذه المنخفضات تسود ظروف ضد الاعصار وتعني مراكز من الضغط المرتفع تقترن بطقس بارد صاف وهواء جاف .

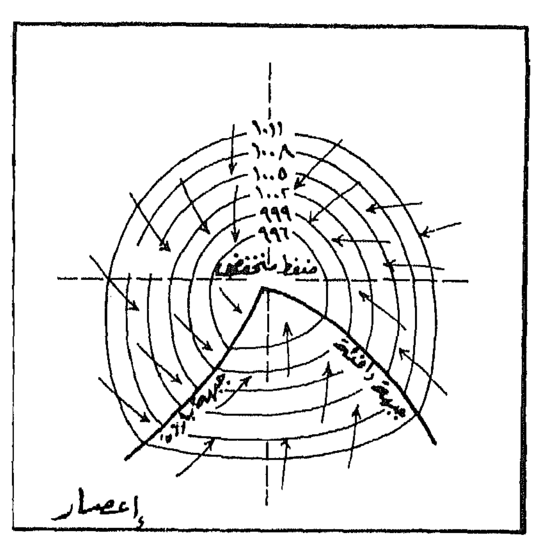
الكتل الهوائية :

لم يكن التفسير البسيط على النحو السابق كافيا لاجلاء غوامض الكثير من مظاهر الطقس حتى أتى العالم النرويجي بركنز Byerknes

بنظرية جديدة خلال فترة الحرب العالمية الاولى ، مؤداها أن هناك خط التحام بين الهواء القطبي البارد على سطح الكرة الارضية ، وبين الهواء المداري الدافىء الرطب ، أطلق عليه اسم الجبهـة القطبية Polar Front مستخدما لفظ الجبهة من واقع أحداث الحرب لما هنـاك من تشابه بين ما يحدث حين تلتقي كتلتان من الهواء المختلف الخصائص فتتصارعان ، وبين التحام الجيوش المتطاحنة في جبهات بغرب أوربا أثنـاء الحرب في ذلك الوقت ، فكتل الهواء حين تلتقي كالجيوش فانها لا تختلط بل تتدافع على طول جبهة الالتقاء ، مكونة دوامات هوائية هائلة ، يكر بعضها فوق البعض دون امتزاج ،كما قد يطوق الهواء البارد جيوبا من الهواء الدافىء فيعزلها .

وفي أول الامر تتقدم كتل الهواء من اتجاهين متعارضين يفصل بينهما خط مستقيم الى حد ما ، ويكون الهواء القطبي قادما من الشمال في نصف الكرة الشمالي بينما يقبـل الهواء المداري من الجنوب ، وحـين تغزو الكتلة الباردة نطاق الهواء الدافىء ينشأ ما يعرف بالجبهة الباردة،ونظرا لثقل الهواء البارد فانه يظل قريبا من سطح الارض في حين يرتفع الهواء الدافىء فوقه ، ويرتبط بالجبهات الباردة اضطراب شـديد في الطقس وحدوث عواصف رعدية، أما الجبهات الدفيئة فتحدث عندما يغزو الهواء المداري نطاق الهواء القطبي فيظل الهواء البارد قريبا من سطح الارض ويصعـد الهواء الدافىء . ولكن في هذه الحـالة تكون ظروف الطقس مستقرة نوعا ، غير أنه اذا نشأت خلايا تصعيـد بالهواء المرفوع حدثت عواصف رعـد من النوع الذي أشرنا اليـه سابقـا تحت اسم عواصف الالتقـاء .

تتحرك الجبهات الباردة فوق سطح الارض بسرعة أكثر من الجبهات الدفيئة ولذا فانهما متى اقتربا طغت الجبهة الباردة على الدفيئة ، وتحل محلها على سطح الارض رافعة اياها بما تشمله من هواء دافىء الى أعلى ، فتعزلها وتتغلب عليها ويؤذن هذا بانتهاء الاعصار (شكل ٧٢) .



شكل (٧٢)

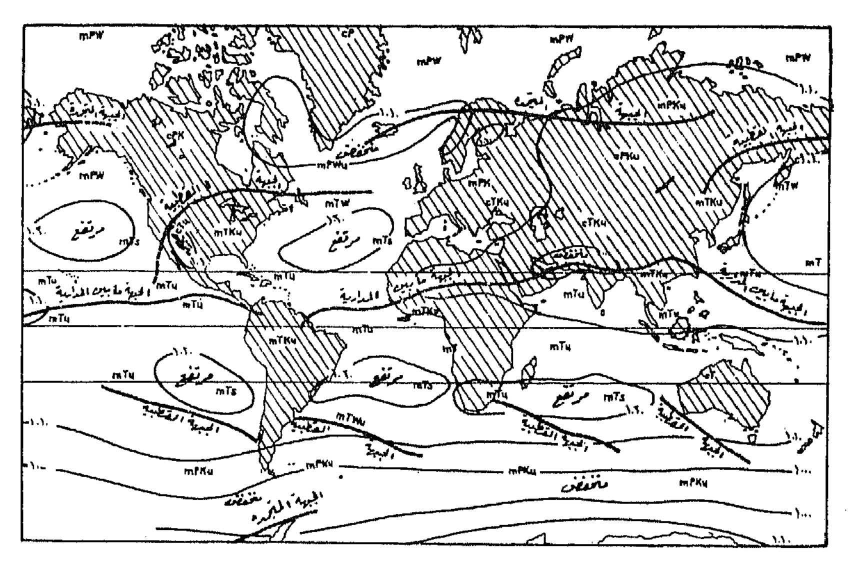
الكتل الهوائية هي دعامة النظرية السابقة التي تفسر ظاهرات الطقس على أساس الاعاصير الناشئة عن جبهات الالتقاء ، والكتلة الهوائية عبارة عن جسم هوائي هائل متجانس في حرارته ورطوبته ، وتكتسب كتل الهواء هذه الخصائص في أقاليمها المصدرية حيث يظل الهواء فوقها مددا كافية ، فيتشبع بعضها بالرطوبة والحرارة لو أنها نشأت فوق مساحات مائية مدارية ، أو تتدنى حرارتها ورطوبتها متى استقرت زمنا بجهات قطبية باردة قارية ، وتوجد أهم مناطق تكون هذه الكتل بنطاقات الضغط المرتفع حيث الهواء راكد وحركته رأسية ضعيفة ، من أمثلة ذلك سهول سيبيريا وشمال كندا في فصل الشتاء والصحراء الكبرى في فصل الصيف .

لا تظل الكتل الهوائية بأماكنها بل تتحرك خارجة من الاقاليم المصدرية وأثناء ذلك تعتريها تغيرات طبيعية فتكتسب الحرارة والرطوبة أو تفقدهما تبعا لخصائص المسطح الذي تتحرك فوقه لمسافات قد تبلغ آلاف الكيلومترات بعدا عن المصادر ، ومع هذا تظل هذه الكتل محتفظة بشيء من خصائصها ، فكتل الهواء القطبي البارد عندما تصل في رحلتها العروض المدارية تجلب اليها موجات من البرودة المحسوسة .

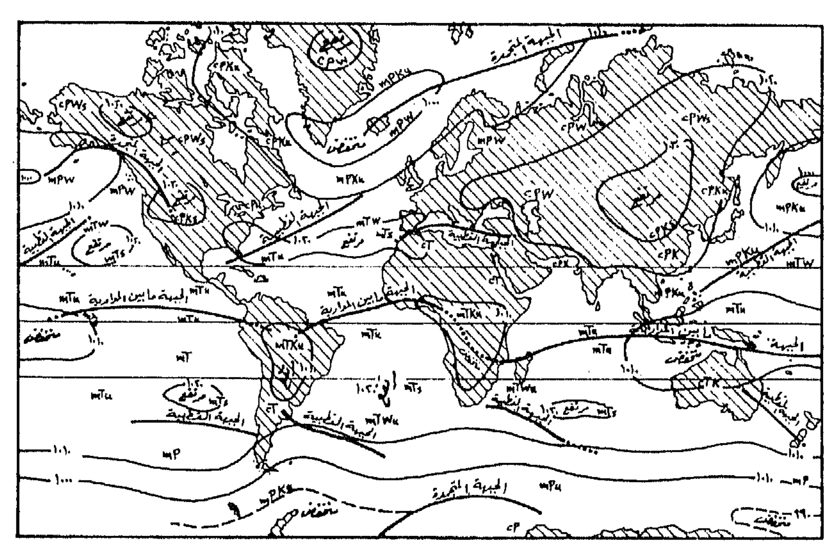
تنقسم الكتل الهوائية الى نوعين : قارية وتميز بالحرف (c) وبحرية وتميز بالحرف (m)، كما أنها تنقسم أيضا على أساس عروض النشأة ككتل مدارية (T) وأخرى قطبية (P) ، واذا كانت الكتلة الهوائية تتصف بالاستقرار بسبب انخفاض حرارة الهواء دون المعدل العادي وكان احتمال سقوط أمطار منها ضعيفا يرمز اليها بالحرف (s) ، أما اذا كانت غير مستقرة رمز اليها بالحرف (u) ، وأخيرا اذا كانت الكتلة الهوائية أبرد من السطح الذي تمر عليه رمز لها بالحرف (k) ، أما اذا كانت أدفأ استعمل الحرف (w) ، ومجموع هذه الحروف يعطى الصفات العامة المشخصة لخصائص الكتلة ، فمثلا (CPSK) معناها أن كتلة الهواء قطبية قارية مستقرة وباردة ، أما اذا رمزنا الى كتلة هوائية أخرى (MTUS) كان معناها كتلة هوائية مدارية بحرية غير مستقرة ودفيئة . وبالاضافة الى هذه الاقسام الرئيسية للكتل الهوائية يوجد نوعان آخران وان كان انتشارهما جغرافيا محدودا ، وهما الكتل الهوائية المتجمدة (A) والاستوائية (E) . وكأمثلة على توزيع هذه الكتل يحسن أن نناقش ما يؤثر منها على طقس بعض القارات (شكل ٧٣ و ٧٤) .

١ ــ اوربا :

اذا استثنينا الاراضي الروسية فان القارة الاوروبية تفتقر الى أقاليم مصدرية حقيقية لكتل الهواء، فالقارة في الواقع ليست سوى نطاق انتقالي تعبره كتل الهواء المختلفة فتتعدل خصائصها أثناء الرحلة ، ويتحكم في مناخ هذه القارة كتل الهواء القطبي البحري الآتية من المحيط الاطلنطي شتاء ، والتي تكون على درجات متفاوتة من حيث عدم الاستقرار وفقا لمساراتها ، وفضلا عن هذا فانها حينما تضطر للصعود تضاريسيا أو الانزلاق فوق كتل هوائية أخرى أقل حرارة منها، فانها تسبب مطرا وفيرا، غير أنها تبرد بسرعة كلما أوغلت في داخل القارة حتى تصل في النهاية مرحلة الاستقرار فوق الاراضي الروسية ، على النقيض من ذلك تكون هذه الكتل القطبية البحرية في فصل الصيف أكثر استقرارا ، بيد أنها



شكل (٧٣) الكتل الهوائية والجبهات في يونية



شكل (٧٤) الكتل الهوائية والجبهات في يناير

عندما تعبر القارة وتسخن طبقاتها السفلى يحدث تصعيد ، وتخرج عن استقرارها ، مسببة طقسا غائما يصحبه رذاذ .

أما كتل الهواء القطبي القاري (CP) فهي أكثر ظهورا بشرق القارة

ووسطها عن غربها ونظرا للدورة العامة للرياح من الغرب الى الشرق في تلك العروض فان السبيل الذي تسلكه كتل الهواء القطبي القاري ليس سهلا ، والاقليم المصدري لهذه الكتل هو الاراضي السوفيتية المغطاة بالثلوج شتاء وامتدادها في فنلند ، وتجلب هذه الكتل موجات من البرد الشديد الى المناطق التي تصلها ، فتهبط الحرارة الى ٢٠° ف في أراضي الراين ، ويصل تأثيرها الى البلقان وتركيا ، وأحيانا أقطار شرق البحر المتوسط . أما في الصيف فان تأثير الهواء القطبي القاري يقتصر على الاجزاء الشمالية من القارة .

يتأثر غرب أوروبا كذلك بكتل الهواء المداري البحري (MT) شتاء ، ويكون مصدره الجوانب الشمالية والشرقية من نطاق الضغط المرتفع شبه المداري على المحيط الاطلنطي ، ولكن نظرا لقدوم هذا الهواء من جهات أدفأ من مقصده ، فانه يزداد استقرارا كلما أوغل شمالا فوق مياه باردة الا أنه على أية حال يظل أدفأ وأرطب من الهواء القاري القطبي ، أما في الصيف فتكون هذه الكتل المدارية البحرية أكثر استقرارا منها في الشتاء ، ويقتصر تأثيرها على جنوب قارة أوروبا فقط .

في فصل الشتاء يصبح حوض البحر المتوسط بؤرة التقاء لعدد من الكتل الهوائية منها القطبي البحري والقطبي القاري ، وكلاهما من مصادر أوروبية ، ومنها المداري القاري (CT) ومصدرها شمال أفريقيا ، وتتعدل خصائص هذه الكتل بدخولها مياه البحر المتوسط الدفيئة ، وغالبا ما يؤدي ذلك الى عدم استقرار الطقس ، وتقترن هذه الاحوال بنشأة أعاصير تجلب الامطار الشتوية للاقطار المطلة على البحر ، وفي الصيف يصبح البحر المتوسط مصدرا لكتل من الهواء المداري البحري تخرج منه على شكل ضد اعصار هواؤه جاف ، ولذا تقل احتمالات التساقط .

٢ ــ آسيا :

يتعرض وسط آسيا وشرقيها شتاء لكتل الهواء القطبي القاري الخارج

من مركز ضد الاعصار السيبيري الهائل ، وعند هبوط الهواء على جوانب المنحدرات الجبلية في طريقه جنوبا وشرقا نحو الصين والاراضي المجاورة، فان خصائصه تتغير ، فالى الجنوب من حوض اليانجتسي يتصل الهواء القاري القطبي بكتل الهواء المداري البحري ، فتتكاثر السحب ، خاصة بعد مرور الهواء البارد فوق مياه البحار كالحال في بحر اليابان ، ومن ثم فانه يتحول الى حالة من عدم الاستقرار ، خاصة عند صعوده واجهات الجبال الغربية بتلك البلاد ، فيسقط كميات وفيرة من الثلوج .

أما بالنسبة للهند فان طوق الجبال المنيع بشمالها يحميها من هبات الهواء القطبي العنيفة ، وما يصحبها من موجات برد قارس ، وفي الصيف تقتصر كتل الهواء القطبي القاري على سيبيريا وشمال الصين ، حين تتوغل كتل الهواء المداري البحري مكونة جبهة التحام قطبية ، ويصبح شرق القارة وجنوبها منطقة نفوذ خالصة للهواء المداري البحري الدافىء الرطب غير المستقر ، كما تساهم في هذا كتل الهواء الاستوائية التي تتكون بنطاق التقاء التجاريات ، وبتوغل هذا الهواء على اليابس يزداد تسخينه وعدم استقراره ، فيهطل مطرا من كافة الانواع الالتقائية والتصاعدية والتضاريسية ، وفي الشتاء تعجز هذه الكتل عن التوغل بسبب عنف ضد الاعصار .

٣ ـ أمريكا الشمالية :

تنشأ كتل الهواء القاري القطبي أ ، بقارة أمريكا الشمالية فوق شمال وسط كندا ، ولذا فانها تتميز بشدة الجفاف والبرودة ، وتمتد منها ألسنة تتحرك جنوبا وشرقا من ذلك الاقليم المصدري أثناء دورات على فترات تصاحبها أضداد أعاصير شتوية قارسة البرودة ، تسفر عن سموات صحو ، أما على شمال الاطلنطي ومضيق برنج فتنشأ كتل بحرية قطبية تتشبع بالرطوبة والدفء أثناء استقرارها ورحلتها فوق الماء شرقا ، حتى تصل الساحل الغربي للقارة ، فتخصه بأمطار غزيرة وطقس مضطرب .

فوق شمال المحيط الاطلنطي تنشأ كتل هوائية بحرية رطبة ، وتؤثر على قارة أوروبا ، وأحيانا على شمال شرق الولايات المتحدة ، حين تجذبها أعاصير شرقية الى اقليم نيوانجلند ، ولكن أثرها لا يمتد جنوبا فيما وراء هذا الاقليم .

تتأثر الولايات الوسطى والشرقية من الولايات المتحدة الامريكية بكتل من الهواء البحري المداري مصدرها خليج المكسيك ، هذه الكتل عندما تتحرك شمالا وتسيطر على الطقس في فصل الصيف فانها تجلب رطوبة وفيرة ويقترن غزوها بعواصف رعد ، كما تفد الى هذه الجهات كتل مشابهة مصدرها المحيط الاطلنطي شرق شبه جزيرة فلوريدا وتمر بجزر الباهاما . أما على اليابس القاري في فصل الصيف فتنشأ كتل من الهواء المداري القاري فوق المكسيك وغرب ولايات تكساس ونيومكسيكو وأريزونا ، غير أن هذه الكتل لا تتحرك كثيرا بعيدا عن المصدر ، وبناء على هذا فهي ضابط مناخي محلي محدود الاثر . ومن ناحية أخرى تنشأ فوق مياه المحيط الهادي بخلية الضغط المرتفع شبه المداري جنوب غرب شبه جزيرة كاليفورنيا كتل رطبة تؤثر على جنوب ولاية كاليفورنيا في فصل الشتاء فقط .

جبهات الطقس على ثلاثة أنواع :

١ ـ الجبهة المدارية :

وتنشأ في عروض قريبة من خط الاستواء نتيجة لتلافي كتل الهواء المداري الآتية من الشمال والجنوب بنصفي الكرة ، ونظرا لان هذه الكتل لا تختلف في خصائصها كثيرا فان الاضطرابات الجوية الناتجة عنها ضعيفة وآثارها المناخية محدودة .

٢ ـ الجبهة القطبية :

وتبدو كمجموعة من الجبهات ، يتكون بعضها فوق اليابس ، وبعضها

الآخر فوق الماء ، وتتفاوت الكتل الهوائية التي تلتقي في هذه العروض من ناحية حرارتها ورطوبتها ، لان بعضها قادم من عروض مدارية ، فتكون حرارته مرتفعة ورطوبته عالية ، في حين يأتي بعضها الآخر من عروض قطبية ، أكثر برودة وأقل رطوبة ، ويؤدي تقابل هذه الكتل المتباينة الى حدوث اضطرابات جوية عنيفة تسود آثارها العروض التي تتأثر بها .

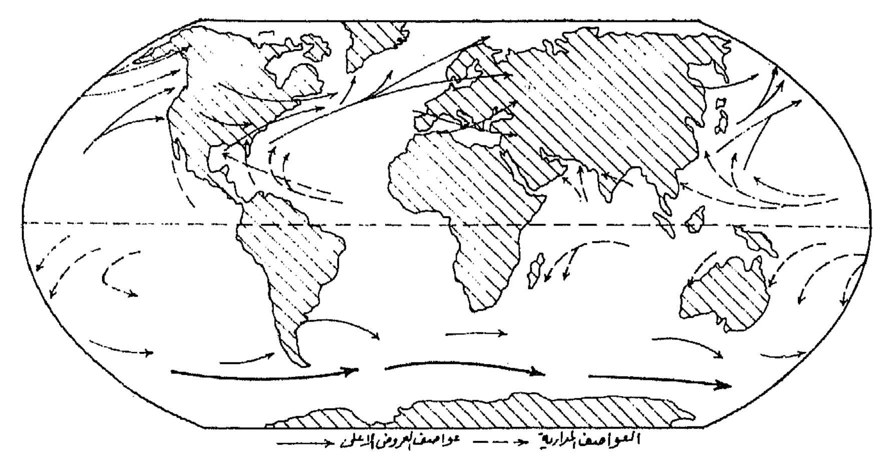
٣ ــ الجبهة المتجمدة :

وتوجد في العروض العليا بالقرب من الدائرتين القطبيتين ، حيث يلتقي الهواء القادم من القطبين ، مع الهواء القادم من العروض الوسطى، ونشاط هذه الجبهات ضعيف بصفة عامة .

جميع هذه الانواع من الجبهات تتحرك شمالا وجنوبا معحركة الشمس الظاهرية صيفا وشتاء ، فالجبهة المدارية تقع شمال خط الاستواء بقليل في فصل الصيف الشمالي ، والى الجنوب منه في فصل الشتاء ، ويلاحظ أن القسم الاعظم منها يمتد فوق الماء ، أما الجبهة القطبية فانها تتحرك جنوبا في فصل الشتاء فيتأثر بها حوض البحر المتوسط ، وجزء كبير من المحيط الاطلنطي ممتدا من جزر آزور حتى خليج المكسيك ، والعروض المشابهة على الجانب الشرقي من المحيط الهادي ، وبالنسبة لنصف الكرة الجنوبي فان هذه الجبهة خط التقاء كتل هوائية بحرية على مدار السنة ، ويظهر تأثير الجبهة المتجمدة في نصف الكرة الشمالي شتاء حتى جزيرة نوفايازمليا ، أما صيفا فيمتد الى جزيرة جرينلند .

الأعاصير المدارية :

وهي من أشد العواصف عنفا وتعرف بأسماء محلية كالهريكين Hirricane بمنطقة البحر الكاريبي ، والتيفون Typhoon ببحر الصين وحول جزر الفلبين ، والويلي ويلي Willy Willy بالمحيط الهادي الجنوبي الى الشرق من قارة أستراليا (شكل ٧٥) .



شكل (٧٥) العواصف المدارية

تنشأ هذه العواصف فوق المحيطات فيما بين خطي عرض ٨ ، ١٥° شمالا وجنوبا ، وتبدأ بتكون منخفضات جوية تزداد عمقا كلما أوغلت غربا في نطاق الرياح التجارية ، أما مصدر الطاقة فهو السطح الساخن لمياه المحيطات صيفا ، حيث تزيد حرارة الماء على ٨٠° ف ، فيسخن الهواء الملامس لهذه المسطحات بسرعة ، ويسبب التقلب والاضطراب وتولد الاعاصير ، ومتى تكون اعصار من هذا النوع ، فانه يتحرك غربا مع انحراف تجاه القطب في نطاق الرياح التجارية ، ثم شرقا حتى يبلغ نطاق الرياح العكسية .

ويتألف الاعصار المداري من مركز لضغط شديد الانخفاض دائري الشكل ، تقتحمه رياح شديدة السرعة ، مقرونة بمطر منهمر ، وتتراوح أقطار هذه الاعاصير بين ١٥٠ و ٥٠٠ كيلو مترا وسرعة الرياح فيها بين ١٠٠ و ٢٠٠ كيلومترا في الساعة أو أكثر ، كما أن الضغط البارومتري غالبا ما يهبط الى ٢٨,٥ بوصة أو ٩٦٥ ملليبار ، وحتى أدنى من ذلك في عين الاعصار .

وللاعصار المداري دورة حياة تبدأ بهدوء شديد في اليوم السابق على العاصفة ، مع ارتفاع محسوس في الضغط البارومتري ، بينما

تكسو السماء سحب رقيقة عالية ، تسبب تكون هالـة حول الشمس والقمر ، واحمرار قان للشفق عند الغروب ، وفي اليوم التالي يبـدأ الضغط الجوي في التدني فجأة ، ويظهر في الافق حائط هائل من سحب سوداء ، وتهطل الامطار ، وتهب الرياح بعنف رافعة الامواج كالجبال ، وتنخفض الرؤية بسبب الرشاش والمطر والسحب الى درجة الصفر ، تستمر هذه الظروف المخيفة بضع ساعات ، يتبعها انقشاع السحب ، وهدوء الجو، وأحيانا ارتفاع حاد فيالحرارة، ولكن الضغط البارومتري يسجل أدنى قراءاته ، فيكون هذا ايذانا بوصول قلب الاعصار ، وهو قلب يكاد يكون مفرغا على نحو قلب دوامة الماء التي تظهر عند فتح سدادة مصرف مغسلة مليئة بالماء ، وتستمر فترة الهدوء هذه مدة نصف ساعة ما تلبث الرياح بعدها أن تعصف من جديد ، وتظهر الغيوم السوداء وتستمر هذه النوبة الثانية بضع ساعات أخرى قبل أن تهدأ حدتها ، في هذه البقعة ، فيبارحها الاعصار ليواصل سيره الى بقعة أخرى تعاني نفس التجربة الرهيبة .

وتتوزع الاعاصير المدارية على النحو التالي :

١ - منطقة جزر الهند الغربية والبحر الكاريبي وخليج المكسيك حيث الهريكين .

٢ - الجانب الغربي من الحوض الشمالي للمحيط الهادي مشتملا جزر الفلبين وجزر اليابان وبحر الصين وهنا توجد عواصف التيفون .

٣ - البحر العربي وخليج بنغال .

٤ - السواحل المطلة على المحيط الهـادي من المكسيك وأمريكا الوسطى .

٥ - الحـوض الجنوبي للمحيط الهنـدي الى الشرق من جزيـرة مدغشقر .

٦ - الجانب الغربي من الحوض الجنوبي للمحيط الهادي بمنطقة جـزر فيجي Fiji وسامـوا Samoa وشرق استراليـا حيث تهب

الويلي ويلي ، ومن الغريب أن الحوض الجنوبي من المحيط الاطلنطي يخلو تماما من هـذه الاعاصير ، كذلك يلاحظ أن الاعاصير المدارية لا تنشأ أبدا فوق الارض اليابسة ، وان كانت في مساراتها فوق الماء قد تضرب جهات البر المجاور .

تحدث الاعاصير المدارية أثناء مواسم معينة من السنة ، وتكثر في الغالب نحو نهاية فصل الحرارة العظمى ، ففي البحر الكاريبي تتركز نوباتها ما بين مايو ونوفمبر ، وتبلغ الذروة نحو نهاية الصيف وبداية الخريف، وفي خليج بنغال والبحر العربي قد تحدث تلك الاعاصير في أي وقت ، ولكن موسم تكاثرها هو أيضا في المدة ما بين مايو ونوفمبر ، أما في نصف الكرة الجنوبي فيمتد موسم حدوثها ما بين أكتوبر وابريل ، وتتحرك غالبية الاعاصير في مسارات تتفق أول الامر مع اتجاه الرياح التجارية غربا ، ثم تنحرف بعد ذلك نحو الشمال الغربي حتى خطوط عرض ٣٠° ، ٣٥° ، حين تدخل نطاق العكسيات ، فتتجه معها صوب الشمال الشرقي ، وهنا يضعف بأسها وتتحول العواصف المدارية الى مجرد أعاصير معتدلة من النوع المألوف بالعروض الوسطى ، وتسافر الاعاصير المدارية بسرعة تتراوح بين ١٠ و ٢٠ كيلومترا في الساعة بالنطاق المداري ، ولكنها تتحرك بمعدل ٣٥ أو ٧٠ كيلو مترا في الساعة بعد دخولها نطاق الرياح العكسية .

أما عن الآثار الجغرافية للعواصف المدارية فلعل أهم ما يسجل لهـا اشتهارها بجلب الدمار بالجملة ، فسرعة الريح قد تسبب اقتلاع المباني الحجرية من أساسها ، وتطاير الاشجار الضخمة في الهواء ، كما قد ترفع السفن التجارية الكبيرة على الامواج العملاقة وتلقي بها على بعد مئات الامتار فوق البر ، وتغرق مساحات واسعة من الاراضي السهلية الساحلية، هذا فضلا عن هطول الامطار بغزارة وحدوث الفيضانات العارمة .

الترنيـدو :

زوابع محدودة الحجم ، الا أنها رغـم صغرهـا تعـد أعنف أنواع

العواصف قاطبة ، وتحدث بكثرة فوق أراضي حوض المسسبي بالولايات المتحدة الامريكية بصفة خاصة ، كما أنها معروفة بأستراليا ، وبعض بقاع أخرى بالعروض المدارية وشبه المدارية من الكرة الارضية ، هذه الزوابع ليست سوى أعاصير صغيرة ولكنها غاية في العمق ، ويدور فيها الهواء على شكل دوامة خاطفة تقترن بأغطية من السحب ، على شكل محاقن هائلة ، تضيق أسافلها حتى لا تزيد أقطارها على خمسمائة متر ، ولكنها تنفرج الى أعلى ، وتكون هذه السحب دائما سوداء قاتمة بفضل ما تحمل من رطوبة كثيفة متكاثفة ، وأتربة وأجسام أخرى متطايرة ، حملها الهواء الصاعد بسرعة ، وقد سجلت أعلى سرعة للرياح السطحية بهذه الزوابع ، اذ من المألوف أن تبلغ سرعة الريح ما يقرب من ٨٠٠ كيلومتراً في الساعة أثناء هبوبها .

وخلال تجوال هذه الزوابع ، ينعطف جسم السحابة في اتجاهات مختلفة كمارد راقص ، وقد يضرب سطحها العلوي وجه الأرض مسببا خرابا شاملا ، في حين أنها قد تعلو عن سطح الارض كثيرا فتمر بسلام ، ونظراً لانخفاض الضغط الجوي بشكل مريع في نطاق عين الاعصار ، فانه اذا مر بأبنية مغلقة انفجرت أو تحطمت نوافذها الى الخارج ، كما قد تتطاير سدادات الأوعية الزجاجية المحكمة بفضل شدة ارتفاع الضغط بداخلها عنه بالخارج لحظات مرور الزوبعة،كذلك فانه بمقدور بعض هذه الزوابع رفع الأجسام الثقيلة الى أعلى مسافات بعيدة ، بما في ذلك الانسان والحيوان ، ثم الالقاء بها من حالق ، ولذا يهرع الأهالي الى ملاجىء أرضية بالبقاع المعرضة لحدوثها ، ويحتمون بها ريثما تمر الزوبعة .

يبدو أن زوابع التورنيدو تنشأ على طول جبهات الالتقاء ، حيث يرفع الهواء القطبي البارد بعنف كتل الهواء الاستوائي الحار الرطب ، فتتوالد زوابع الترنيدو بالبقاع التي تعاني اضطرابا شديدا في كتل الهواء المتصارعة ، ويكثر حدوثها في الربيع والصيف عنه في بقية فصول السنة .

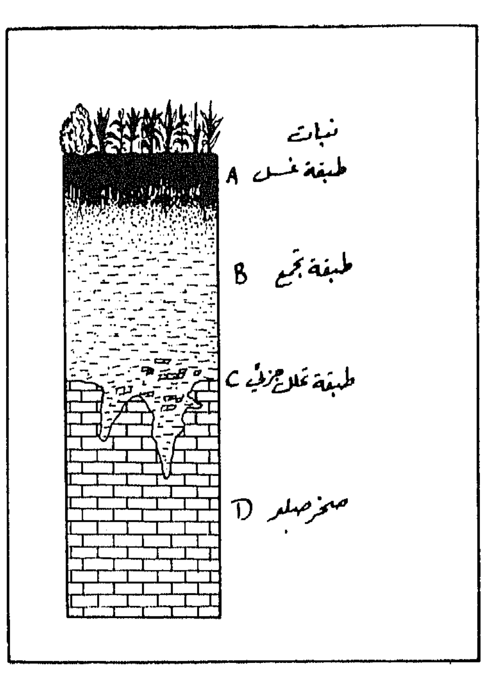
الفصل التاسع

التربة

مقطع التربة :

للتربات الناضجة التي تعرضت أزمانا كافية للعناصر الطبيعية مقطع profile يتألف من عدد من الطبقات horizons ، تتفاوت في سمكها ومكوناتها الطبيعية من مكان لآخر ، ولكنها تشتمل في المعتاد على ثلاث طبقات ، يطلق على الطبقة العليا أو السطحية منها اسم الطبقة (A) ، وتسمى الطبقة الوسطى (B) ، أما السفلى فهي الطبقة (C) ، بينما يعرف الصخر الصلد الذي ترتكز عليه التربة باسم الطبقة (D) في بعض الأحيان (شكل ٧٦) .

تختلف الطبقة العليا بمعظم التربات عما تحتها في اللون والقوام والبنية ، لأنها تتمتع أكثر من غيرها بالمركبات العضوية من مخلفات النبات ، خاصة بمناطق الحشائش الطبيعية ، حيث يصبح لونها داكنا . ثم ان الطبقة السطحية من التربة عامة بفضل تعرضها للهواء والأكسدة تكون أغمق لونا عما تحتها ، وفي بعض الجهات قد تتألف هذه الطبقة كلية من المواد العضوية المعروفة باسم الدبال Humus ، الذي ينشأ في ظل الظروف الرطبة ، عندما تتعفن النفايات النباتية وتتحلل بفضل النشاط البكتيري .



شكل (٧٦) مقطع لتربة ناضجة

ودبال التربة نادر بالمناطق الصحراوية لعدم توافـر المـاء ونفايات النبات ، كذلك هو نادر أيضا بالأصقاع الباردة ، حيث أن برودةالطقس لا تشجع على تكاثر البكتيريا ، وهـي العنصر الفعال في تحليل المخلفات النباتية ، فتبقى تلك المخلفات على شكل مادة اسفنجية في التربة ، تدعى اللبد النباتي Peat .

غالبا مـا تفقد الطبقة السطحية بعض عناصرهـا ، خاصة بالأقاليم الرطبة ، فالميـاه التي تتسرب خـلال هـذه الطبقة ، تحمل الى الطبقة الوسطى (B) بعض المعادن المذابـة ، والجزئيات الدقيقة من حبيبات الطبقة العليـا ، التي تعلق بالميـاه المتسربة ، وتهبط منهـا الى الطبقة الوسطى في عملية غسل ، ولذلـك فان الطبقة (A) بالمناطـق الرطبة ، تكون في المعتاد فقيرة في مكوناتها من المواد القابلة للذوبان ، فقيرة أيضا

في مشتملاتها من الحبيبات الطينية الناعمة ، ولذا فانهـا تكـون أغلظ قواما من الطبقة (B) أسفلها ، فهذه الطبقة الوسطى ، تتلقى ما يحمل اليها من أعلى مع المياه المتسربة ، وما يرفع اليهـا من أسفل مـع المياه الراجعة من الطبقة السفلى (C) ، حـين تصعد المحاليل نحـو السطح بالخاصة الشعرية ، ولهذا تعرف (B) باسم طبقة الترسيب أو التجمع ، وفي بعض الاحيان يصبح قوامها من الدقة والتماسك بفضل ما تتلقاه من حبيبات ومعادن ، درجة تقلل كثيرا من نفاذيتها ، أي قابليتها على انفاذ الماء وجذور النبات ، أما الطبقة السفلى (D) . فهي لا تختلف الا قليلا عن الصخر الصلد الذي ترتكز عليه،والذي يسمى أحيانا الطبقة (C)

الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة :

اللون : على الرغم من أن علاقة اللون بنوع التربة وخصوبتها قليل الا أن اللون هو الخاصية التي تسترعي انتباه المشاهد للوهلـة الاولى ، فطبقات قطاع التربة يمكن التمييز بينها على أساس اختلاف ألوانهـا ، وهذا بدوره يعكس محتواها ومكوناتها ، وهناك فئات مختلفة من ألوان التربة ، يتدرج بعضهـا من اللـون الابيض ، الى الكستنائي فالأسود ، كنتيجة لتزايد نسب الدبال ، وتتوقف هذه النسب علـى النمو النباتي والنشاط البيولوجي بالتربة ، تبعا لاختلاف الظروف المناخية ، ففـي العروض الوسطى نلاحظ تفاوت الالوان بـين الاسود والبني الداكـن بالمناطق الباردة الرطبة ، الى اللون الكستنائي الفاتح بجهات الاستبس أو المناطق شبه الجافة والجافة ، التي ينذر بهـا تكون اللبد في التربة .

ترتبط التربات الحمراء والصفراء بتواجد نسب قليلة من أكاسيد الحديد ، فاللون الاحمر دليل على جودة التصريف المائي ، ولكن في بعض الاحيان قد تعود الحمرة الى الصخور الاصلية ، التي منها اشتقت التربة. أما التربات الرمادية الضاربة للزرقة في المناطق الرطبة ، فهي دليل على قلة أكاسيد الحديد بالتربة ، وسوء التصريف أو التشبع بالماء. والتربات

الرمادية بالجهات الجافة تعني قلة الدبال ، بينما الترىات البيضاء في نفس البيئة دليل على تركز الأملاح بها . ومع هذا ينبغي أن نلاحظ اكتساب الكثير من الترىات الحديثة ألوان الصخور التي اشتقت منها ، في حين أن الترىات القديمة الناضجة قد يختلف لونها عما تحتها من صخور .

القـوام :

قوام التربة Soil texture أحد الخصائص الطبيعية الهامة لها ويقصد بها حجم الحبيبات المكونة لها ، وتصنف الحبيبات حسب الأحجام فتتراوح بين الحصى والرمال والطمي والطين . فالتربة الحصوية ليست تربة بالمعنى الصحيح ، أما الرمال فهي ما تتراوح أقطارها بين ٥ر٠ ، ١ مم ، والطمي بين ٥ر٠ ، ٢ر٠ مم ، والطين أقل من ٢ر٠ مم . ولكن أهم ما يلاحظ أن جميع الترىات تحتوي على نسب متباينة من هذه الحبيبات ، وتسمى التربة على أساس غلبة نوع منها ، فالتربة الطينية هي التي تسود بها حبيبات الطين وكذلك التربة الرملية أو الحصوية التي تسودها الرمال أو الحصى .

ولحجم الحبيبات أهمية كبيرة في مقدرة التربة على امتصاص الماء والاحتفاظ به ، وعلى تحويل المواد الغذائية الى الصورة التي تكون صالحة لغذاء النبات ، فالتربة ذات الحبيبات الدقيقة نوعا أقدر على تغذية جذور النبات ، ولكن تناهي الحبيبات في الدقة يقلل من سعة المسام ، ويؤدي الى تماسك المكونات بشكل قد يتعذر معه على النبات أن يضرب بجذوره خلال التربة ، كذلك يلاحظ اختلاف أحجام المكونات بين طبقات القطاع الناضج للتربة على النحو الذي أوضحناه سابقا .

البنيـة :

ثمة خاصية طبيعية أخرى هي ما يعرف ببناء التربة structure أو بنيتها ، والمقصود بذلك هو طريقة تجمع الحبيبات بعضها مع البعض ،

فقد تتجمع الجزيئات مع بعضها في صفائح أو شرائح رقيقة ، أو في كتل حادة محدبة الجوانب ، كما أن جزيئات بعض الترب تتجمع علـى شكل أعمدة أو أنابيب دقيقة ، وفي أحيان أخرى قد توجد الجزيئات في نظـام عفوي لا يتبع ترتيبا خاصا ، ويلاحظ أن بنـاء التربـة عرضة للتغير لأسباب متعددة ، منها عمليات الحرث والتقليب والتبلل والجفاف ، امـا بسبب المطر أو الري ، ويؤثر بناء التربة على مقدرتها علـى الاحتفاظ بالرطوبة وامتصاصها ، وعلى قابليتهـا أو مقاومتهـا للنحت ، وعلـى استجابتها للعمليات الزراعية .

عوامل تكوين التربة :

تساهم في ذلك عمليات مختلفة منها ما هو سلبي الأثر ومنها ما هـو ايجابـي :

١ ــ صخور الاشتقاق :

وتكون الصخور السطحية في كثير من البقـاع الأساس الذي اشتقت منه مركبات التربة ، بعد تفتته الى حطام تستدق أحجامه مع الزمن ، وقد ينقل من مكان لآخر بواسطة عوامل مختلفة كالمـاء أو الريـح أو بفعل الجاذبية الأرضية وحدها على جوانب المنحدرات ، فالجزء الأعظم مـن حجم أية تربة يتألف من معادن صخرية مفككة تعرضت لكثير من التغيرات الكيماوية التي حولتها الى مركبات جديدة تختلف كثيرا في خواصها عـن الصخور الاصلية ، لدرجة أن تأثير هذه الصخور على نوع التربة قليل بالقياس الى العناصر الأخرى التي أسهمت في التغيير ، والشذوذ الوحيد لهذه القاعدة هو التربات الحديثة التي لم يمض على اشتقاقها من الصخر الأصلي وقت طويل بحيث تفترق خواصها كلية عنه ، ولكـن من ناحية أخرى قد يتأثر قوام التربة كثيرا بصخور المصدر ، فالاحجـار الرملية تشكل تربات خشنة من حبيبات الكوارتز التي تعطي القوام درجة عالية

من المسامية وتسمح بتهريب المياه ، كذلك في حالـة الركامات الجليدية الطينية تكون التربة المشتقة عنها دقيقة الحبيبات قليلـة المسام لزجـة المـزاج ، تحول دون تسرب المـاء ، وتسبب تكـون المستنقعات في فصل الأمطـار .

٢ ـ العامل الطبوغرافي :

عامل سلبي أيضا ، ويقصد به شكل السطح ، فحيثما وجدت منحدرات وعرة فان غطاء التربة فوقها يتعرض للنحت والازالة بسرعة ، بدرجـة تجعل ما يتبقى منها مجرد أغشية رقيقة ، لأن ما يجرف من فوق السطح أعظم مما يشتق من الصخر ، أمـا الأسطح المستوية فانهـا عادة تتمتـع بتربات سميكة غنية ، من مواد طينية دقيقة الحبيبات ، فمعظم ما يشتق من الصخر من تربـة في هـذه الحالة يظـل في موضعه ، فينمو القطـاع باستمرار ، وتزداد التربة عمقا مـع مضي الوقت ، كذلـك في القيعان وبطون الأودية والفجوات المنخفضة بين التلال ، تتراكم أغطية سميكة من التربة بفضل ما ينحدر اليها من السفوح المجاورة ، ولكـن استواء السطح قد يكون مدعاة لسوء التصريف ، وتكون النتيجة تربـة سمراء داكنة اللون . ويساعد توافر الرطوبة على تعفن المخلفات النباتية ببطء وسرعة النشاط البكتيري ، وبالتالي توافـر الدبـال الذي يعني خصب التربة . ومن الواضح أن عمليات النحت تبـدأ بالطبقة العليـا (A) ومن المعتاد أن يعوض ما يزال بازدياد سمك التربة على حساب الصخر الصلد تحتها ، ولكن اذا اختل هذا التوازن تآكلت الطبقة العليا وفقدت التربة أفضل مجالاتها ، وأحيانا قـد يكـون النحت من السرعة بحيث تتآكـل الطبقة (B) أو جزء منها .

وللعامل الطبوغرافي أثره كذلك فيما يتعلق باتجاه السفوح ، ففـي نصف الكرة الشمالي تقع السفوح الجنوبية من التلال وجوانب المنحدرات في اتجاه أشعة الشمس لفترة طويلة من النهار ، وتعرف لذلك بالجوانب

المشمسة ، ويؤثر هذا على سرعة عمليات التبخر والجفاف بالنسبة للتربة ، وعلى النقيض من ذلك تقع السفوح الشمالية في الجوانب الظليلة ، وبالتالي يقل الفاقد من رطوبة تربتها بالبخر ، ويكون النمو النباتي فوقها أفضل ، وهذا يساعد على بناء التربة وحمايتها من الانجراف .

٣ ـ عامل الزمن :

الوقت أحد العناصر السلبية في تكوين التربة ، فالتربة الناضجة بالمعنى الصحيح هي التي يكون قد مضى عليها وقت كاف لكي تمارس عمليات التكوين نشاطها فيها ، حتى لتظل خواصها ثابتة بعد ذلك مهما مر من وقت . أما التربات الحديثة الاشتقاق ، خاصة الرواسب الفيضية للأنهار بسهولها ، أو ركامات الانهار الجليدية ، فانها تربات شابة غير ناضجة ، في مثل هذه التربات لا يمكن التعرف على طبقات تميز قطاعاتها والواقع أن الزمن بالنسبة للتربة مفهوم نسبي يختلف بتباين ظروف البيئة ، فعلى حين يكفي مائتي عام فقط لتكون قطاع ناضج للتربة بالجهات الرطبة ذات الصخور الرملية ، فانه يلزم بضعة آلاف من السنين لكي ينشأ مثل هذا القطاع بأماكن أخرى ، ويعتقد بأن بعض أنواع التربة في المناطق المدارية قد تكونت على مدى بضعة ملايين من السنين ، حيث يعود بعضها لعصر البليوسين منذ ستة ملايين عام .

٤ ـ المناخ :

لعل هذا هو أبرز العوامل الايجابية في تشكيل التربة ، وذلك بفضل عناصره من رطوبة وحرارة ورياح ، فالتساقط بكافة صوره هو الذي يمد التربة بالماء ، وهو الوسط الذي تتم خلاله جميع التفاعلات الكيماوية ، والعمليات البيولوجية الأخرى في التربة فالعناصر الكيماوية القابلة للذوبان حين تؤلف محاليل مع الماء فانها تتأين ionize بمعنى أن

تنقسم الى جزيئات بعضها يحمل شحنات موجبة والآخر شحنات سالبة ، وبدون التأين يستحيل قيام تفاعل كيماوي أو تبادل للعناصر بشكل يسمح بتكون التربة ، ولكن من ناحية أخرى فان زيادة التساقط بشكل مفرط يساعد على غسل التربة من العناصر الكيماوية القابلة للذوبان، ويبدو تأثير هذا أكثر وضوحا بالطبقات العليا من التربة ، فيما تكسب الطبقة (B) شطرا كبيرا من هذه العناصر بالترسيب وحيثما جرت المياه فان المواد المغسولة خاصة السيليكا تزال بالتدريج من التربة ، وتحملها مياه الأنهار ، ولذا فان تربات الجهات المدارية الرطبة خاصة بنطاق الغابات الاستوائية فقيرة في مركبات السيليكا ، بالاضافة الى المواد القاعدية كالكالسيوم والصوديوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم مما يؤدي الى تدهور خصوبتها .

على العكس من ذلك فان سرعة التبخر ، وندرة الأمطار بالمناطق الجافة ، يساعد على تركز الأملاح المعدنية بالطبقة السطحية من التربة، حين تجلبها اليها المحاليل العائدة الى أعلى بفضل الخاصة الشعرية ، حيث يتبخر الماء مخلفا حمولته من الأملاح المذابة ، وأشيع هذه الأملاح كربونات الصوديوم التي ترى على شكل قطرات صلبة بيضاء اللون فوق أسطح البقاع التي تتأثر بذلك ، وهي في بعض المواضع من السمك والقسوة بحيث تكون طبقة أقرب الى الصخر الصلب ، تحمي ما تحتها من نحت الماء ، أو التذرية بواسطة الرياح ، من ذلك أيضا قصرات رواسب الجبس .

ولكن اذا كانت كميات التساقط وفيرة نسبيا كالحال في الهوامش الشرقية من نطاق الاستبس بالعروض الوسطى فان رواسب كربونات الكالسيوم توجد على شكل عقد صغيرة خلال طبقات التربة .

ونتيجة للعلاقة بين عاملي التساقط والتبخر تنشأ مجموعتان كبيرتان من التربات ، الأولى هي تربات الغسل التي تزيد فيها نسب المعادن

المتخلفة غير القابلة للذوبان ، كالحديد والالومنيوم ، ولذا تعرف باسم تربات البدالفر pedalfer ، واللفظ مؤلف من كلمتي ألمنيوم aluminum وحديد على التوالي ، وتوجد بالمناطق التي تزيد أمطارها السنوية على ٧٠ سم ، أما المجموعة الثانية فهي تربات التكلس ، وتعرف باسم pedocal بالبقاع التي ينخفض فيهـا معدل الامطار السنوية ، وبالتالي ترفـع كربونات الكالسيوم لترسب عند السطح ، ومن ثم أتت التسمية .

الحرارة عنصر هام في تكوين التربة لسببين ، الأول هو أن النشاط الكيميائي يزداد بصفة عامة بارتفاع الحرارة ويتضاءل بانخفاضها حتى يقف تماما عند درجة التجمد ، ولذا فان تربات الجهات المدارية الحرارة تفترق كثيرا عن صخور الاشتقاق ، اذ أن المـواد التي تشكلها تعرضت لنشاط كيماوي مستمر أدى الى تغير خواصها عن صخور المصدر ، بعكس تربات التندرا التي تتألف من مواد قريبة في خواصها من الصخور التي تحتها ، اذ أن العمليات الميكانيكية وحدها هي التي لعبت الدور الرئيسي في انحلال الصخر وتفتته ، وبالتالي تكون التربة . أما السبب الثاني في أهمية عنصرالحرارة فهو النشاط البكتيري الذي يرتبط طرديا بارتفاعها ففي الجهات المدارية تنشط البكتيريا بشكل يؤدي الى التهـام المخلفـات النباتية كلية ، وخلو التربة من الدبـال ، في حـين أن النشاط البطيء بالجهات الأبرد يساعد على التعفن الجزئي ، وبقاء الدبال بالتربة وهو عنصر هام في القطاع الناضج .

الرياح عامل ثانوي في تكوين التربة ، ويقتصر دورها على ازدياد البخر ، وخفض محتوى التربة من الماء . كما أنه في بعض الجهات الجافة القليلة النبات يعمل على تذرية الطبقات العليا وازالتها ، حيث يرسبها بعد ذلك في جهات أخرى ، لتشكل مصدر الاشتقاق لانواع من التربـة أشهرها تربة الليس Looss .

٥ ــ العامل البيولوجي :

تتأثر التربة جذريا بأنواع الحياة النباتية والحيوانية كما تؤثر فيها

فالحشائش في نموها تتطلب أنواعا خاصة من التربة ، تختلف عن تلك التي تصلح لنمو الغابات . فالأشجار خاصة الصنوبرية منها ، لا تتطلب سوى قدر محدود من الكالسيوم والمغنزيوم في التربة ، ولذا فهي تفره في تربات الغسل التي آزيلت منها هذه المواد ، والتي تتمتع بخواص حمضية أما الحشائش وما على شاكلتها من الحبوب النجيلية كالقمح والشعير والشوفان ، فانها تستهلك قدرا كبيرا من عناصر الكالسيوم والمغنزيوم ، ولذا فانها تجود بالتربات الكلسية بالاراضي شبه الجافة ، حيث تتركز هذه المواد قرب السطح ، فاذا ما أريد زراعة هذه الحبوب في تربات حامضية ، كان لابد من اضافة مادة الجير الى التربة على شكل مسحوق يستخرج من الحجر الجيري العادي .

وكما تتغذى النباتات على معادن التربة فانها أيضا تحفظ خصبها ، وذلك بما تمتصه جذورها من معادن من الطبقات السفلى ، وتتمثلها ، ثم تعود فتطلقها الى التربة السطحية عند موتها وتحللها ، معنى ذلك أن النباتات المتعفنة ومخلفاتها هي مصدر الدبال الذي يعطي التربة لونا داكنا ، ويسبب وجوده تكون أحماض عضوية ، تعمل على تحليل معادن الصخر ، واضافة مركبات جديدة الى التربة ، لتكون عناصر الغذاء النباتي فيها . كذلك تتحد هذه المادة مع العناصر القاعدية بالتربة ، فيسهل بالتالي غسلها وازالتها ، ولذا كانت تربات المناطق الباردة الرطبة تعاني عجزا في المواد القاعدية نتيجة لنشاط هذه العمليات ، حتى أضحت قليلة الصلاحية لانتاج المحاصيل الحقلية .

وتلعب البكتيريا دورا رئيسيا في تحديد نسبة الدبال بالتربة ، فتحت ظروف المناخ البارد يقل تكاثرها بشكل ملحوظ ، ومن ثم تسلم كميات وفيرة منه فتبقى لتخصب التربة ، أما بالجهات القطبية ودون القطبية فان البقايا النباتية لا تتعفن ، وتبقى على شكل لبد ، في حين أن التكاثر المفرط للبكتيريا بالجهات الحارة يؤدي الى التهام المخلفات النباتية وتأكسدها واختفائها بالجملة ، ويترتب على ذلك خلو المحاليل من

التأثير الحمضي ، فتبقى المواد القاعدية كالحديد والمنغنيز والالومنيوم كشوائب وفيرة في التربة .

كذلك للبكتيريا أثر هام في امتصاص النيتروجين من الهواء ،وتحويله كيماويا لعناصر تلائم استهلاك النبات ، وتعرف هذه العملية باسم تثبيت النيتروجين .

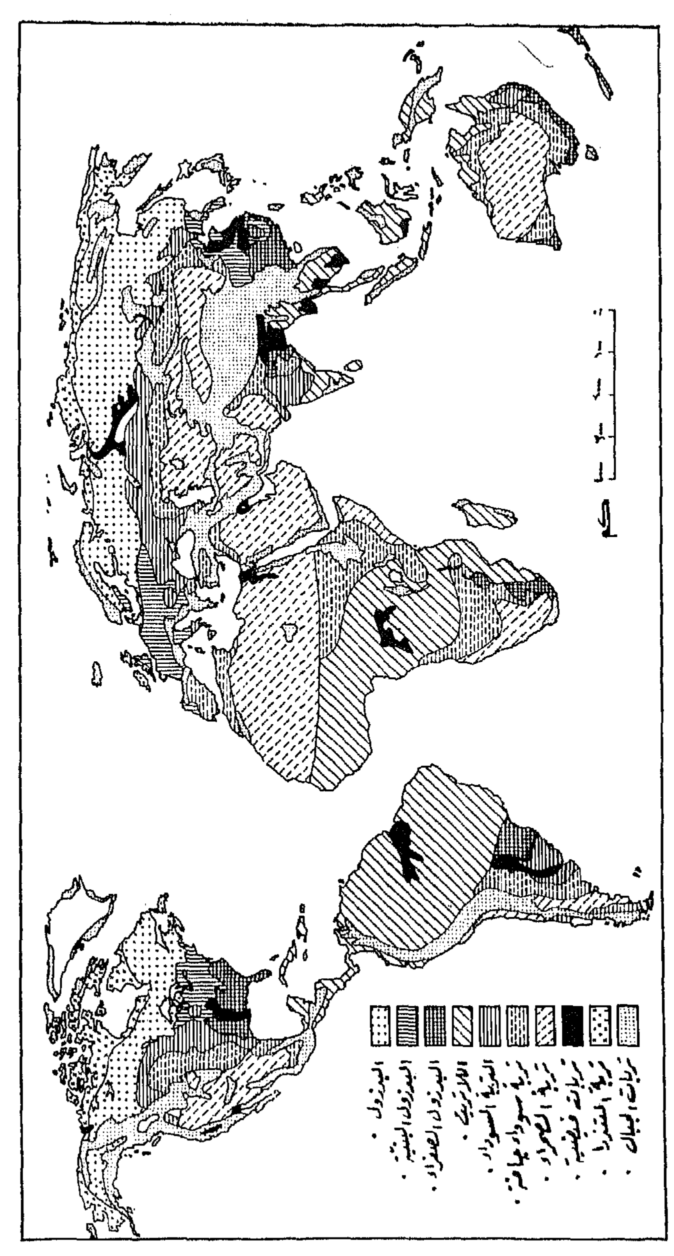
للحيوانات والحشرات تأثير على التربة ولكنه في الغالب تأثير ميكانيكي ، فالديدان الارضية التي توجد بالملايين في تربات الجهات الرطبة تلتهم التربة وتخرجها ، فتؤثر على مركباتها وقوامها ، والنحل والحيوانات الارضية كالجرذان وغيرها حين تحفر مخابئها في التربة ، تستخرج كميات كبيرة من المواد من الطبقات السفلى ، لتلقي بها فوق الطبقات السطحية ، في حين أن انهيار أسقف هذه المخابىء يدفن الطبقات السطحية فيما تحتها .

*** تصنيف التربة :**

تصنف التربات حول العالم الى فئات تزيد على الاثني عشر فئة ، توجد كل منها تحت ظروف مناخية طبوغرافية متشابهة ، بعض أسماء هذه الفئات روسية وذلك بسبب نشاط العلماء الروس أكثر من غيرهم في الدراسات والأبحاث الخاصة بعلم التربة ، ربما لتنوع البيئات المناخية والنباتية وبالتالي غطاء التربة نتيجة لذلك في أرجاء بلادهم الشاسعة ، وسنقصر مناقشتنا على بعض الفئات الرئيسية الواسعة الانتشار جغرافيا (شكل ٧٧) .

١ ـ تربة البودزول : podzol :

وهي من أشيع الأنواع التي تميز مناطق المناخ الرطب بالجهات دون القطبية والأصقاع الشمالية القارية ، وتنشأ في ظل ظروف مناخ بارد شتاء ، وأمطار موزعة على مدار شهور السنة . ويتميز القسم الأعلى



شكل (٧٧) أصناف التربة

من الطبقة السطحية (A) من القطاع بقشرة رقيقة من المـواد النباتية المتعفنة جزئيا ، يليها حيز أكثر سمكا غني بمركبات الدبال ، يتراوح لونه ما بين الرمادي والأصفر أو البني الضارب للحمـرة ، هـذا الحيز مسرح للتفاعل بين الأحماض العضوية والمركبات القاعدية في التربة ، أما النطاق الأسفل من هذه الطبقة السطحية فهو نطاق غسل أزيلت منه المواد القاعدية بشكل واضح ، ولذا فلونه يشبه السكن ، ومن هنا أتت التسمية ، حيث أن الكلمة الروسية podzol تعني تربـة السكن حرفيـا . ask soil

أما الطبقة الوسطى (B) فتمتاز بلونها البني بفضل ما هبط عليها من مواد قاعدية ، ثـم ان قوامهـا طيني لزج ، وغالبا ما يسبب تزايـد ارساب الأكاسيد بين حبيبات هذه الطبقة تماسك مكوناتهـا وتصلبها في قصرة متصلة ، كأنها رصيف حجري ، وأحيانا تتجمع هذه المواد المركزة في عقد تتألف من جزئيات الطين الملتحمة كأكاسيد الحديد الاصفر .

البودزول من التربات القليلة القدرة ، فالغسل يحرمها من مركبات هامة ضرورية لغذاء النبات ، ولذا فهي عادة ترتبط بالغابات الصنوبرية التي تقنـع أشجارهـا بقليل مـن الكالسيوم والكبريت والمغنيزيوم والبوتاسيوم ، ومن ناحية أخرى فان قدرة هذه التربات محدودة للغاية فيما يتعلق بانتاج الحاصلات الزراعية ، هذا فضلا عن أن تأثـير العصر الجليدي ما زال واضحا في كثرة الأحجار والجلاميد بمعظم الجهات التي تأثرت كثيرا بزحفه في هذه العروض ، كما أن المستنقعات تكتنف مساحات واسعة مما يحدد من قابلية تلك المناطق على الانتاج ، ويقتصر استخدام الارض على جوانب الأودية ومدرجات الأنهـار العالية حيث ظـروف الصرف ملائمـة .

تنتشر هـذه التربات فوق مساحـات واسعة من شمال أوراسيا الى الجنوب مباشرة من نطاق التندرا ، وتبدأ في أوربـا بأراضي السويـد والدانمرك عبر فنلند وسهول شمال روسيا وسيبيريا حتى شبه جزيرة

كامتشاتكا ومنشوريا على سواحل المحيط الهادي ، وفي أمريكا الشمالية تغطي معظم الاراضي الكندية جنوب اقليم التندرا ، كما تشمل معظم ولايات نيوانجلند ، وجزءاً من اقليم البحيرات العظمى ، وأواسط شبه جزيرة آلاسكا ، أما نصف الكرة الجنوبي فيكاد يخلو من تربات البودزول.

ثمة أنواع أخرى من تربات البودزول التي تصنف على أساس كونها فئات مستقلة ولكنها تشترك معها في كثير من الخواص ، منها تربات البودزول الرمادية البنية gray-brown ، وهي ترتبط أيضا بالمناخ الرطب في عروض معتدلة باردة ، وتختلف عن النوع السابق في كونها أقل تعرضا لعمليات الغسل ، وبالتالي كان لونها أميل الى الاحمرار بسبب توافر المركبات القاعدية ، وذلك على الرغم من كونها تربة حامضية الى حد ما كالنوع السابق ،وتنمو بهذه التربة أنواع نفضية من الغابات التي تتمكن جذور أشجارها من جلب المواد القاعدية من الطبقة الوسطى (B) فتعيدها الى الطبقة السطحية (A) عندما تتساقط أوراقها كل خريف ، لهذا فان التربة خصبة ، وحين تستخدم لأغراض الزراعة فانها تنتج انتاجا مرضيا من الحاصلات المختلفة ، فضلا عن المراعي الجيدة . وتوجد هذه التربات في نطاق يمتد من وسط أوربا الى غربها كما تشمل الولايات الوسطى من شرق الولايات المتحدة، والطرف الجنوبي القصي من افريقيا وأمريكا الجنوبية وشرق نيوزيلند .

من بين تربات البودزول نوع آخر من التربة الصفراء والحمراء ، تتواجد بمناطق مناخات أدفأ من النوعين السابقين ، وأوفر رطوبة ، وتختلف عنهما في قلة محتواها من الدبال بسبب ازدياد نشاط البكتيريا . وترجع ألوانها الصفراء والحمراء الى توافر مركبات الحديد المائية ، وتنتشر التربة الصفراء بوجه خاص بالأراضي الرملية على السواحل ، وتبدي خصائص تدل على غسل تام ، كذلك تنتشر أكاسيد الألومنيوم المائية بها ، فهي بهذا تشبه تربات اللاتريت المدارية . وهي معقل لأنواع

من الغابات الصنوبريـة ، ومتى أزيلت الاشجـار صلحت التربة لانتاج حاصلات مختلفة ، وان تطلب الأمر استمرار التسميد .

٢ ــ تربة اللاتريت :

وهي تربات مدارية شهيرة تتميز بما يأتي :

أ ــ التحلل التام لمواد صخور الاشتقاق كيماويا وميكانيكيا بفضل توافر الرطوبة والحرارة .

ب ــ اختفاء مادة السيليكا كلية منها .

جـ ــ تراكم شوائب أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنغنيز بكميات وفيرة مما يعطي التربة لونا أحمرا .

دــ اختفاء مادة الدبال كلية بسبب زيادة النشاط البكتيري . وتتفق هذه التربات في توزيعها الجغرافي مع نطاقات الغابات الاستوائية المطيرة وحشائش السافانا المداريـة ، والنوع السابق من تربـات البودزول الحمراء والصفراء يمكن أن تنتمي لهذا النوع ولكنها ليست كاللاتريت الحقيقي . وأهم خصائصها تردي خصوبتهـا بسرعـة اذا مـا استغلت لأغراض الزراعة ، لأنها فقدت خلال عمليات الغسل المزمنة الكثير من العناصر الغذائية من الطبقة السطحية ، ولكنها مع هذا استطاعت انماء أكثف الغابات من الاشجار ذات الأخشاب الصلبة ، والشجيرات الشوكية وحشائش السافانا .

ويرجع اشتقاق التسمية من أن الطبقات العليا شديـدة الاحمرار ، واذا قطعت الى مكعبات وتركت لتجف فانها تصبح كقوالب الآجر ، شديدة الصلابة ، وقد استخدمت في بعض جهـات آسيا كمادة لصناعـة الطوب والبناء . ومن ناحية أخرى فان تركز الاكاسيد في بعض المواضع يسمح بتوافر خامات معدنية ثمينة كالبوكسيت baxite وهو أكسيد الالومينيوم والليمونيت limonite أكسيد الحديـد ، والمانجانايت manganite أكسـيد

المنغنيز ، وهي البقايا المتخلفة عن عمليـة اذابة السيليكا والمواد الاخرى التي كانت بصخور الاشتقاق ، وترجع خامات البوكسيت الشهيرة في غيانة وشمال أمريكا الجنوبية وغرب الهند الى هذا النوع من التربة ، كذلك تتواجد خامات المنجنيز في بعض جهات تربات اللاتريت .

تنتشر تربة اللاتريت باقليم الغابات المطيرة بحوض الامزون ، وجنوب شرق البرازيل ، وكل غيانة وفنزويلا وجزر الانتيل،وبعض جهات أمريكا الوسطى ، وجنوب شرق الولايات المتحدة الامريكية ، كذلك توجد فـوق مساحات واسعة من وسط أفريقيا وسواحلها الجنوبية الشرقية ، والبقاع المنخفضة من جزيرة مدغشقر ، كما تنتشر أيضا بجنوب شرق آسيا ومعظم جزر جنوب غرب المحيط الهادي ، والاطراف الجنوبية من قارة أستراليا ، وبعض جهات أشباه الجزر الاوربية في البحر المتوسط .

٣ ـ التربة السوداء chernozem : وهي من أشـهر أنواع التربـة ومن أكثرها انتشارا ، وتتألف من طبقة سطحية رقيقة من مخلفـات النبات سوداءتليها الطبقة (A) الحقيقية وهي بسمك لا يقل عن قدمين ، وهي طبقة سوداء داكنة غنيـة بمحتواهـا من المـواد العضوية ، أمـا الطبقة الوسطى (B) فهي أفتح لونا وهي في المعتاد نطاق ترسيب . وتتميز هذه التربة بغناها في مركبات الكالسيوم ، التي قد تتركز على شكل عقـد وكرات من كربونات الكالسيوم الخالصة ، وقد كانت هذه التربات موضع اهتمام العلماء خاصة الروس بسبب انتشارها في بلادهم عبر نطاق يمتد من اكرانيا الى منطقة البحر الاسود ، ومنها نحو الشمال الشرقي في حزام عريض على طول درجة عرض ٥٠° شمالا داخل قلب القـارة الآسيوية ، أما بالولايات المتحدة وكنـدا فهي تشكل حزاما يمتـد من الشمال الى الجنوب ابتـداء من ولايتي البرتا وسسكاتشوان saskatchewan بكندا عبر السهول العظمى الامريكية حتى أواسط ولاية تكساس ، ثمة نطاق آخر مشابه يمتد من الشـمال الى الجنوب عبر الارجنتين ، كما توجـد

ساحات أخرى من التربة السوداء بكل من جنوب أفريقيا وشمال غرب لدكن وشرق أستراليا .

يعتقد بأن المناخ هو الضابط الهام المساعد على تكوين هذه التربة ، فبمقارنة خريطتين للعالم لتوزيع المناخ والتربة ، يتضح أن التربة السوداء بالعروض الوسطى بكل من الامريكتين وأوربا تتفق في توزيعها مع الهوامش الغربية شبه الجافة من المناخ القاري الرطب ، كما تمتد الى عروض أدنى بجهات حشائش الاستبس ، فالجفاف النسبي عنصر هام يلازم تكوين هذا النوع من الترب ، وتتلخص الخصائص المناخية لمناطق توزيعها في شتاء بارد وصيف حار ، تزيد فيه معدلات التبخر بشكل يساعد على تركيز الكربونات ، وفي الوقت نفسه يكون من القسوة بحيث لا يسمح بنمو شجري ، ولذا كانت الحشائش التي تستطيع مقاومة الجفاف واحتماله هي الطابع النباتي العام ، وهي فضلا عن ذلك نباتات محبة للتربة الكلسية ، في حين لا تستطيع الاشجار تحمل زيادة نسبة الاملاح المعدنية بها ، لهذا كانت سهوب الاستبس والبراري هي الغطاء النباتي الطبيعي بهذه التربات .

وقد توجد التربة السوداء فوق أغطية من رواسب الليس التي نقلت بواسطة الرياح من الارسابات الجليدية ، ولكن لا يقتصر توزيع هذه التربة على مناطق الليس وان اتفق النوعان في البناء وتركز المواد الكلسية ، وتواجدهما بأسطح سهلية منبسطة في المعتاد ، وأهم الخصائص الجغرافية المميزة للتربة السوداء هي قابليتها على انتاج الحبوب الغذائية بوفرة لا تدانيها فيها أية تربة أخرى، فالسهول العظمى الامريكية وسهوب الارجنتين وأوكرانيا هي بمثابة سلال الخبز للعالم .

ثمة نوع آخر من التربة السوداء ما يعرف عادة باسم تربة البراري prairie وهي شبيهة في خواصها بالنوع السابق من حيث القطاع والمظهر ، بيد أنها أقل منها بكثير في محتواها من مركزات كربونات الكالسيوم ،

فهي لذلك عبارة عن مرحلة انتقال بين تربات التكلس وتربات الفسل . وفي المناطق المدارية ودون المدارية تتواجد تربة البراري ما بين نطاقات التربة السوداء وتربة اللاتريت ، ويتميز غطاء الحشائش بتربة البراري بكثافته واستمراره لدرجة أن الرجال على الخيول كانوا يتوارون تماما عن الانظار متى دخلوا هذا النطاق في براري الولايات المتحدة ، ويتراوح معدل المطر بين ٦٠ و ١٠٠ سم سنويا ، وأهم مناطق توزيع تربة البراري نطاق أوسط بالولايات المتحدة ، وآخر يطوق نطـاق التربة السوداء من الغرب والشمال بأوربا ، ممتدا الى الشرق داخل أواسط آسيا ، كمـا تشمل تربة البراري جزءاً من شمال شرق الارجنتين والجهات المجاورة من أوروجواي وباراجواي والبرازيل .

وتتميز تربة البراري بخصبها ، ووفرة انتاجها ، حيث أنها جمعت بين جودة التربة السـوداء ، ووفرة الرطوبة ، ولذا كانت من أصلح التربات لزراعة محصول الذرة ، وهذا ما يتضح بالنسبة لنطاق الذرة في الولايات المتحدة والارجنتين وشرق أوربا .

٤ ـ تربة التندرا : ينتشر هذا النوع فوق مساحات واسعة من المناطق القطبية وعلى أسقف المرتفعات العالية ، وهنا تساعد شدة برودة الهواء وطول فصل الشتاء على تجمد الرطوبة داخل التربة معظم أيام السنة ، ولهذا فالتفاعل الكيمياوي من البطء لدرجة أن تأثير صخور الاشتقاق هو أوضح الخصـائص ، فالتربة في معظمهـا ليست سوى فتـات دقيق لا يختلف في خواصه المعدنية عن الصخر الاصلي الا قليلا ، ويغطي سطح التربة عادة طبقة رفيعة من النباتات المتآكلة ، لونها بني داكن ، يبلغ سمكها بضعة سنتيمترات وتحتوي على نبات الفطر بوفرة ، وليس لهذا النوع من التربة قطاع بسيط مميز، بل انها تتألف من طبقات متتابعة من الطين الرملي ومادة الدبال ، وفي كثير من الاحيان يوجد أسفل هذا طبقة دائمة التجمد من التربة permafrost بسبب كثرة ما بها من أجسام مائية متجمدة ، تتخذ شكل عدسات أو صفائح أو أعمدة داخل التربة .

٥ ـ تربة الصحراء : تنتشر في صحارى العروض الوسطى والمدارية أنواع من التربة يمكن ايجازها في نوعين رئيسيين هما التربة الرمادية والتربة الحمراء، أما النوع الاول فيوجد فوق مساحات واسعة من صحارى الحوض العظيم بالولايات المتحدة ، وصحراء بتاجونيا بالارجنتين ، وصحراء جنوب غرب أفريقيا ، وأواسط آسيا ، وأهم خصائصها قلة محتواها من الدبال بسبب الفقر النباتي ، ويتراوح اللون بين الرمادي والبني وطبقات القطاع موجودة ولو أن التمايز بينها قليل ، وتوجد قرب أسطحها قصرات صلبة من كربونات أو كبريتات الكالسيوم ، بسبب تبخر المحاليل الصاعدة الى السطح ، وفي بعض الاحيان قد تعمل هذه المواد على التحام طبقات الحصى العلوي في صخر يدعى الكنجلومرات شبيه بالخرسانة .

أما الجهات الاكثر جفافا من صحارى أستراليا وأفريقيا والصحارى العربية وغرب أمريكا الجنوبية ، فتتميز بالنوع الثاني من التربة الصحراوية ونعني بذلك التربة الحمراء ، ويتراوح لونها موضعيا بين الباهت والقاني ، وهنا يبلغ المحتوى من الدبال حده الادنى ، فالغطاء النباتي نادر ، ويتألف في معظمه من أعشاب شوكية ، وشجيرات الصبار بأنواعها المختلفة ، فالعامل البيولوجي قليل الاثر في تكوين التربة ، والقطاع غير واضح المعالم ، والقوام غليظ ، حيث أن المكونات عادة تشتمل على قدر وفير من الحصى والاحجار .

كلا النوعين السابقين من التربة الصحراوية صالح للزراعة متى توافرت المياه للري ، اما من الآبار ، أو من المياه السطحية المجلوبة في قنوات من الانهار المجاورة ، ويشترط لذلك أيضا أن يكون قوام التربة دقيقا يخلو من الجلاميد والاحجار ، كالحال في مدرجات الاودية والسهول الفيضية لبعض الانهار الدخيلة ، وأسطح بعض المخاريط الفيضية .

من أشهر أنواع التربة الصحراوية أنواع ملحية أو قلوية ، تميز بعض جهات الصحراء ، فضلا عن مناطق الاستبس ، حيث معدلات البخر

تزيد على كميات التساقط ، وتتواجد هذه التربات بصفة خاصة بقيعان المنخفضات الداخلية ، التي لا مخرج لها نحو البحر ، فالى هـذه الجهات تنصرف الاودية حاملة معها فتات الصخر مع كل سيل ، وتلقي بكميات من الرمل والطين فضلا عن الاملاح التي تتبلور عند السطح بعد جفاف الماء مكونة تربات ملحية بيضاء ، وتعرف هذه الاسطح عادة باسم القيعان أو السبخات ، وأمثلتها في البلاد العربية متعددة ، ونحو قلب المنخفض قـد يكون تركيز الاملاح بدرجة تمكن من استخراج أنواع منهـا كالحال في ملاحات منخفض الازرق بالاردن . نحو هوامش المنخفضات توجد التربة ولكنها في الغالب غير ذات قطاع ، ورغم تحمل بعض النباتات نسبة عالية من الملوحة فيندر أن توجـد بهذه الهوامش نباتات ، ولذا فمثل هـذه التربات لا يصلح للزراعة الا بعد الغسل ، والفرق بين الانواع الملحية والقلوية فرق في نوع الملح، فالاولى تتميز بكلوريد الصوديوم ، والاخرى بكربونات الصوديوم .

اثر الانسان على التربة :

شرع الانسان يستخدم التربة كمورد لقوته منذ أن عرف الزراعة في أواخر العصور الحجرية ، وقبـل ذلك استخدم الانسـان الكلأ كمرعى لقطعانه بعد أن عرف استئناس الحيوان ، فغير بذلك من خواص التربة التي رعتها حيواناته أو التي فلحها بيديه ، فقبل تدخل الانسان كانت النباتات الطبيعية من غابات وحشائش ومروج تكسو الكثير من البقـاع المعمورة ، وكان هناك نوع دقيق من التوازن الطبيعي بين مكونات التربة وعناصر تكوينها ، وبين ما يستنزف من معادنها أو ما يزال من سطحها ، وللنبات خواص هامة في الحفاظ على ما تحته من تربة ، أهمها أن أوراقه وسيقانه حين تتلقى ماء المطر تعمل على وصوله الى الارض في هوادة ، فتنظم بذلك انسياب الماء فوق سطح الارض ، وتحد من عنفه ، وتطيل من أمده .

ومن ناحية أخرى تعمل الشعيرات الجذرية المتغلغلة في طبقات التربة على الربط بين حبيباتها ، وزيادة تماسكها في وجه السيول ، لهذا السبب نرى الفلاح الاريب قد تعلم أن يغرس صفوفا من الاشجار على جوانب قنوات الري غير المبطنة ليحمي جوانبها من الانهيار والضياع مع تيـار الماء ، ثم ان نفاذ الجذور في تضاعيف التربة يزيد من مساميتها وقدرتها على تشرب الماء أثناء انهمار المطر ، فتقلل من عنف السيل ، وبعد انتهاء الزخات العنيفة تسيل منها المياه في بطء . وحين ترعى القطعان النبات الطبيعي خاصة على جوانب المنحدرات الوعرة ، فانها تحرم الارض هذا العامل الوقائي ، وتجعلها عرضة للانجراف مع ماء المطر ، حيث تنقلهـا المسيلات الى الروافد والانهار التي تصبها بدورها في البحار ، وفي كثير من البيئات الفقيرة الكلأ تربى الماعز التي تقنع بالقليل ، ولكنها تجور في رعيهـا على الجـذور فتأتي على النبات تمامـا ، محولة بذلك مساحات واسعة الى قفار جرداء ، تصبح تربتها عرضة للزوال السريع ، وهذه هي احدى المشكلات التي تعاني منها الاراضي الاردنية المستغلة في الرعي ، وهناك اتجاه في الوقت الحاضر نحو الاقلال من تربية هـذا الحيوان في بلادنا تجنبا للرعي الجائر .

أما بخصوص استخدام الارض في الزراعة فقد نشأت عن ذلك مشاكل متشعبة ، فلكي تستخدم الارض في الزراعة ينبغي أن يزال ما بها مـن نباتات طبيعية ، لتحل محلها الحاصلات المزروعة ، وفي كثير من الاحيان تترك الارض مكشوفة مدة فيما بين المحاصيل الفصلية ، فاذا ما تعرضت أثناء ذلك لزخات من المطر عانت من الانجراف ، ومن ناحية أخرى يتأثر قطاع التربة وبناؤها بعمليات الحرث والتقليب ، فقـد يتسبب ذلك في اخراج جزء من الطبقـة الوسطى (B) الدقيقة الحبيبات الى السطح ، وبالتالي تسد مسام الحيز السطحي من التربة ، ويصعب تغلغل المـاء فيها ، وتحرم بذلك من انتشار العمليات الكيماوية الى ما تحت السطح ، كما يزداد الماء الجاري مع ما لهذا من أثر على ازالة أجزاء من التربة بفضل تعاظم المياه المنسابة فوق السطح .

الفصل العاشر

النبات الطبيعي

تختلف الحياة النباتية على ظهر الارض من مكان لآخر طبقا لتنوع ظروف البيئة الطبيعية من مناخ وتربة وتضاريس وكائنات عضوية ، ومع هذا ، فأينما تشابهت الخصائص الطبيعية العامة فوق مساحات تقدر بعشرات الآلاف من الكيلومترات المربعة من الارض ، يتشابه لذلك المركب النباتي فوق تلك المساحات المترامية ، بل أكثر من هذا ، فان الظروف الطبيعية المتجانسة على القارات رغم تباعدها ، تنتج أنواعا متماثلة من الغطاء النباتي ، فالغابات الاستوائية بحوضي الأمزون والكنغو اللذان تفصل بينهما آلاف الكيلو مترات من مياه المحيط الاطلنطي ، نجد أنهما يتشابهان في المظهر العام ، وأصناف النبات الى حد كبير . نفس القول ينسحب أيضا على أراضي السهوب من الحشائش بكل من الارجنتين والولايات المتحدة الامريكية والمجر ، وهي كما ترى أماكن تباعد بينها المسافات .

وتتمثل الضوابط الطبيعية لتوزيع المجموعات النباتية في مجموعة العوامل التالية :

١ ـ الحرارة والضوء : يتأثر النبات بالحرارة ، فلكل صنف بيئة حرارية أمثل ، يهلك اذا تدنت الحرارة دونها أو اذا ارتفعت فوقها بكثير .

فالنباتات المدارية تهلك على درجات حرارة حول التجمد ، في حين أن الاعشاب القطبية تعيش دون التجمد . غير أن النباتات تتحايل بوسائل شتى على المفارقات الحرارية في بيئاتها ، فنرى بعضها يسقط أوراقه قبل فصل الحرارة الدنيا ، كالحال في العابات النفضية ، أو يوقف كل مظاهر نموه ، ويروح في نوبة بيات شتوي خلال ذلك الفصل كأحراج البحر المتوسط الدائمة الخضرة ، وبعضها يتم دورة نموه كاملة فيزهر ويثمر ، ويلقي بذوره خلال موسم الدفء،ومن أمثلتها الكثير من الاعشاب الحولية .

أما الضوء ، فيؤثر على النمو النباتي والتكاثر ، فالازهار لا يتم الا في وسط مضيء ، والنباتات التي تعيش في الظل تتميز بأعضاء خضرية من سيقان و أوراق ، أكثر من الاعضاء الزهرية ، بعكس النباتات التي تعشق الضوء فان أزهارها زاهية متنوعة ، وأوراقها وفروعها أكثر سمكا وأقصر طولا من نباتات الظل .

٢ ــ الماء : مصدر العصارات النباتية هو ما تحصل عليه النباتات من ماء في بيئتها ، هذه العصارات تتحول الى الاوراق حيث يتم التمثيل الكلورفيللي ، ثم يضيع قسم من العصارة بواسطة النتح ، فأينما توافر الماء ، كان النبات من النوع العريض الاوراق ، الضحل الجذور ، الرهيف السوق ، كالموز ، على النقيض من ذلك مجموعات نباتية أخرى متأقلمة على ندرة الماء بمناطقها ، وتتحايل على البقاء بضرب جذورها في الاعماق سعيا وراء الماء الجوفي ، أو مد أصولها أفقيا تحت التربة لامتصاص رطوبة أكبر مساحة أرضية ممكنة ، بينما تتميز سوقها بالقصر والقسوة ، وأوراقها بالصغر والسمك ، وتحجب مسامها طبقة شمعية أو شعرية ، وفي بعض الاحيان تختفي الاوراق كلية وتحل محلها الاشواك ، أو تكون السوق والجذور خزانات للعصارة وقت توافر الماء .

٣ ــ التربة : لئن كانت الحرارة والماء هما العنصران الاساسيان في تحديد أصناف النبات على وجه الارض ، فان التربة عامل معدل لهذا

التصنيف ، فعليها يتوقف سيادة نوع من النبات على غيره داخل المجموعة النباتية الواحدة ، فعلى سبيل المثال تختلف أشجار الغابات المخروطية بأمريكا الشمالية طبقـا لنوع التربة ، فالتربات الفقيرة لا تنتج سـوى أشـجار الصنوبر في الغالب ، وهي تربات رمليـة قليلة الخصوبة ، أما التربات الغنية فتسودها أنواع جيدة من الصنوبر بالاضافة الى الاشجار ذات الاخشاب الصلبة .

والتربات الرملية المسامية ، العرضة لتهريب الميـاه لا تنتج سوى أعشاب جافة حتى بالمناطق الرطبة ، والتربات الملحية على الشواطىء تجب النمو النباتي كلية ، باستثناء الانواع التي تحتمل الملوحة ، وكذلك الحال اذا زادت نسبة الكلس عن ٣٠ر. بالتربة ، فهـذا يؤذي النبـات ، ويؤدي الى اختفاء أنواع كثيرة منه .

أصناف النبات :

يصنف الجغرافيون النبات الطبيعي على نطاق عالمي الى أربع مجموعات رئيسية هي الغابات والحشائش والاعشاب الصحراوية والتندرا . وتحتل الغابات المناطق الرطبة في المعتاد ، أما الحشائش فتشغل الاراضي شـبه الرطبـة وشبه الجافة ، بينمـا تنتشر الاعشـاب والشجيرات بالمنـاطق الصحراوية الجـافة ، والتندرا بالمناطق التي يقصر فيهـا فصل الصيف ويكون من البرودة بدرجة تحول دون أي نمو سـوى النباتات الفطرية وبعض الحشائش والازهار .

الغابـات :

على الرغم من أن الشجرة هي العنصر الاسـاسي في هذه المجموعة النباتية ، لكن الى جوارها توجد الشجيرات والحشائش والنباتات الطفيلية وخاصة اذا تباعدت أشجار الغابة وانتشرت ، مخلفة فجوات كبيرة تسمح بهذا النمو الثانوي ، مما يجعل الباحث في حيرة هل يصنف مثل هذه الجهات

ضمن الغابات أم الحشائش والشجيرات ، وتتلخص العوامل المحددة لنمو الغابات فيما يأتي :

أ ـ درجات الحرارة الدنيا هي الضابط المحدد لنمو الاشجار بالعروض العليا والمناطق المرتفعة ، فتكون الانسجة الخشبية وبراعم الاشجار يتطلب وقتا طويلا ، أي موسم نمو يدوم بضعة أشهر لا تنخفض الحرارة أثناءه دون عشر درجات مئوية ، ومن ثم كان خط الحرارة المتساوي عشر درجات مئوية لأدفأ الشهور هو الحد الاقصى لنمو الغابات بالمناطق الباردة تجاه القطبين .

ب ـ رطوبة النطاق السفلي من التربة على مدار السنة أمر حيوي لنمو الشجرة ، ومن ثم كانت المناطق التي يتفاوت فيها المطر من فصل لآخر أو من عام لآخر تفاوتا واسعا غير ملائمة لنمو الغابات ، حيث تنضب في هذه المناطق رطوبة الطبقات العميقة من التربة خلال مواسم الجفاف، وهي الطبقات المشتملة على الجذور الطويلة للشجرة . فاذا ما جمعنا هذا العامل مع العامل السابق ، لوجدنا أن الجهات التي يتواقع فيها فصل الحرارة العظمى مع موسم الامطار الغزيرة ، هي أصلح البقاع لانتشار الغابات .

جـ ـ الرياح عنصر هام في تحديد النمو الشجري ، فاذا ما اقترن هبابها بتدني درجات الحرارة كثيرا ، يسبب هذا الضرر البليغ للشجرة، وذلك لازدياد سرعة النتح ، مع تجمد مياه التربة وتوقف تكون العصارات لتعويض الفاقد بالنتح .

بناء على هذه العوامل يتحدد نطاق الغابات في العروض العليا بخط الحرارة المتساوي ١٠° مئوية لأدفأ الشهور تجاه القطبين ، فيما وراء هذا الخط تحل التندرا محل الاشجار في المجال القطبي . أما بالعروض الوسطى فتحتل الغابات الجوانب الشرقية والغربية الرطبة من القارات ، بينما تخلو منها الجهات الداخلية المتعمقة في الكتل اليابسة حيث يسود الجفاف.

وفي العروض المدارية تفره الغــابات المطيرة ، ولكنها تتــدهور فتتشتت الاشجار بالبعد عن النطاق الاستوائي المطير شــمالا وجنوبا ، حيث يتبع المطر نظاما فصليا ، فاذا ما طال موسم الجفاف، حلت الشجيرات والحشائش محل الغابات الكثيفة في نطاق انتقالي مختلط قبــل أن تختفي الاشجار كلية ، وتسود حشائش السافانا .

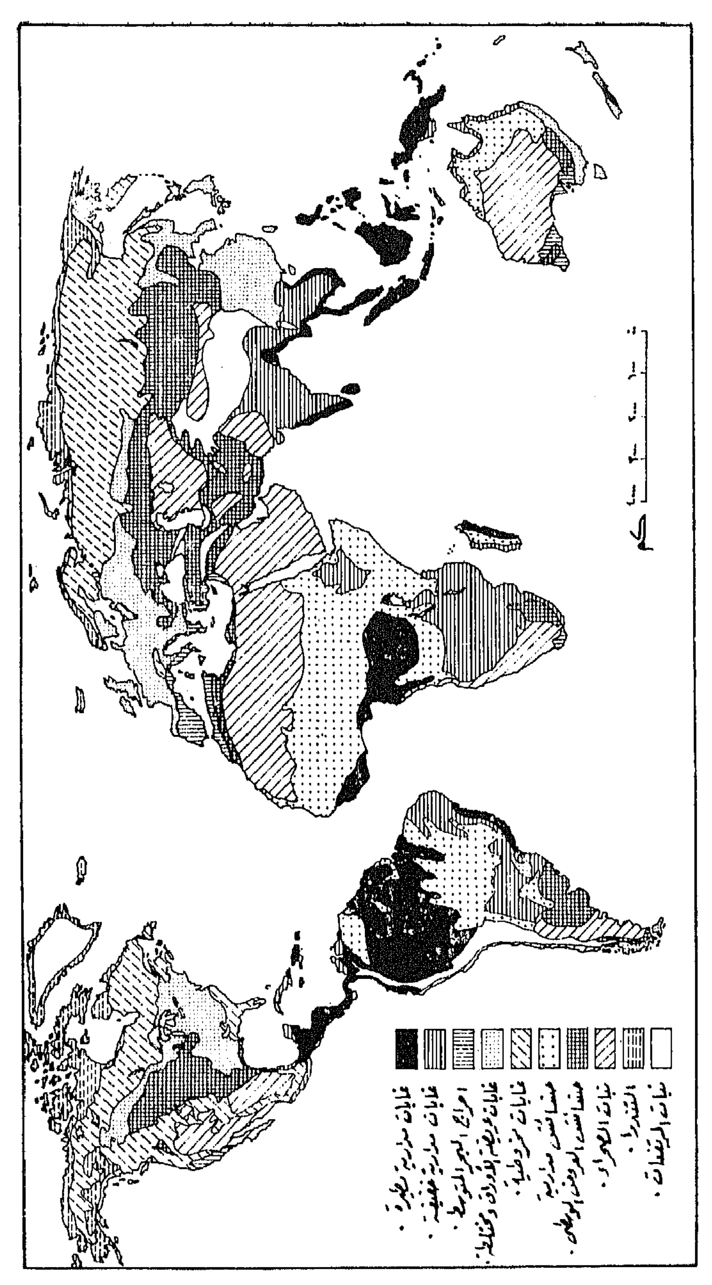
أصناف الغابات :

١ ــ غابات العروض الدنيا : وتشتمل على فئتين همــا الغابات المداريــة المطيرة ، والغابات المدارية الخفيفة (شكل ٧٨) .

أ ــ الغابات المدارية المطيرة : وهي أكثف الغــابات قاطبــة ، وهي مــن خصائص الاراضي المنخفضة والمنحدرات الدنيا بالمناطق المدارية المطيرة على مدار شهور السنة ، وخير أمثلة على ذلك حوض الامزون بأمريكا الجنوبية ، ووسط غرب أفريقيا ، فضلا عن بعض جهات ساحلية وجزر استوائية متفرقة . وأهم مشخصات هذه الغابات تنوع الفصائل النباتية بشكل لا نظير له ، ففي الفدان الواحد منها لا يوجد أقل من خمسة عشر نوعا من الاشجار ، وتبلغ الاربعين في كثير من الاحيــان ، وهذا يعكس غابات العروض الوسطى ، التي تتميز بالتجانس وسيادة نوع واحد من الاشجار مساحات كبيرة ، لا ينمو فيها سواه .

بالاضافة الى ذلك ، تتمتع الغابة المدارية بمظهر طبقي فريد ، فلكل فصيلة من الفصائل النباتيــة العديدة ارتفاع محــدد ، ومن ثم تتوالى التيجان النباتية في عدد كبير من الطبقات ، تشكل أدناها النباتات المحبــة للظل ، وأعلاها الاشجار التي تتطلب قــدرا كبيرا من ضوء الشمس . كذلك يعظم عدد الانواع المتسلقة والطفيلية، وتظهر تلك الانواع كأحبال ضخمة ترتبط في شبكة معقدة أغصان الاشجار المتراصة .

ويتعدد المظهر الخارجي لهذه الغابات رغم اتفــاقه من حيث الكثافة الشديدة ، فالى جوار الالوان الخضراء الزاهية ، هنــاك البراعم الناشئة



شكل (٧٨) النبات الطبيعي

بألوانها القانية التي تشبه أوراق الخريف في غابات العروض الوسطى ، والاوراق في المعتاد عريضة جلدية المظهر . أما خط الافق فوق الغابة فانه دائما شديد التعرج ، تعلوه ذرى تيجان شاهقة ، بينها فجوات خفيفة . والغابة بعد ذلك دائمة الخضرة حيث لا توجد فترات بيات محددة تتخلص فيها أشجار الغابة من أوراقها ، فبينما تكون فصيلة ما في حالة ايراق تام ، نجد أخرى تسقط أوراقها ، بينما فصيلة ثالثة في حالة ازهار ، وهكذا . وأهم أشجار هذه الغابات الموجني والابنوس والارز الاستوائي والساج أو التكة والصندل وخشب الورد والخزيران .

أما المظهر الداخلي للغابة ، فتسوده قوائم من جذوع تكاد تخلو من الاغصان حتى قرب تيجانها التي لا يتعدى ارتفاعها الخمسين مترا الا في أحوال نادرة ، ولحاء الاشجار رقيق ناعم، ونتيجة لطبقات التيجان الكثيفة المتعاقبة ، تسود الظلمة أرض الغابة ، وتلتف النباتات المتسلقة والطفيلية حول الاشجار التي تعولها حتى تكاد تزهقها ، ونتيجة للظلمة فان النمو النباتي تحت الاشجار قليل ، لا يعدو بعض حشائش أو أعشاب لا تعوق الحركة في أي اتجاه. ومن ثم تقتصر الادغال المتكاثفة على الفجوات الطبيعية كالسواحل وشواطىء الانهار والمنحدرات الوعرة ، أو المناطق التي أخلاها الانسان من أشجارها للزراعة ، ثم هجرها .

يحجب الغطاء النباتي للغابة الحياة الحيوانية رغم توافرها وتنوعها ، فعلى تيجان الاشجار تظهر أنواع من الطيور المختلفة والقردة ، حيث تتوافر لها مصادر غذائية من الثمار الطبيعية ، أما على أرضية الغابة ، فان الحيوانات الكبيرة نادرة ، باستثناء وحيد القرن في غابات أفريقيا ، خاصة على شواطىء الانهار ، أما الفيلة والزوارف فانها لا تخترق من الغابة الا حواشيها الخارجية . في حين تتكاثر بداخلها الزواحف والبرمائيات ، وتكثر الحشرات بشكل مذهل ، ويسمع طنينها يعم سكون الغابة في كل مكان ، والنمل القارض من أكثر الحشرات انتشارا، وأعظمها

تدميرا ، هو وديـدان الاخشاب ، وبسبب كثرة الحشرات خاصة الذباب والبعوض ، تنتشر أمراض النوم والملاريا والحمى الصفراء .

ب ـ الغابات المدارية الخفيفة : بالابتعـاد عن النطاق الممطر طول العـام ، يبدأ ظهور فصـل جفاف ، يطول بالابتعـاد شمالا وجنوبا عن العروض الاستوائية ، فتحل محل الاشجار الدائمـة الخضرة أنواع نفضية وشبه نفضية من أشجار أقل كثافة ، تختلط نحو الهوامش بالشجيرات الشوكية وأعشاب السافانا . التي تنتهي بدورها الى النطاق الجاف . والاشجار في هذه الغابات أصغر حجما وأكثر تباعـدا ، ومن ثم تنمو تحتها نباتات متكاثفة من الحشائش والشجيرات ، وتسقط معظم الاشجار أوراقها في موسم الجفاف ، وهذا نقيض الغابة المطيرة ، ويبدو المظهر العام للغابة كحديقـة تتكاثف خمائلهـا في بعض المواضع ، وتتنـاثر أشجارهـا بين الحشائش والشجيرات الشوكية في مواضع أخرى مفتوحة .

وبالنسبة لاستغلال الانسـان للغابات المدارية بفئتيها ، فانها على الرغم من كونها نصف مساحة الغابات حول العالم في الوقت الحاضر ، فهي لا تعول سوى أعـداد محدودة من البشر ، تمدهم بالحاجات الضرورية للحياة رغم غناها النباتي ، ولا يدخل في التجارة الدولية من أخشابها سوى قدر محدود للغاية ، ومع هذا تبقى الغابة المدارية المطيرة أكبر احتياطي للاخشاب في العالم ، ولكن تحول دون استغلالها على الوجه المطلوب عقبات عديدة، منها قلة الايدي العاملة ، وعدم توافر الظروف الصحية، والحاجة الى تقنية ناجعة لقطع أخشابها .

٢ ـ غابات العروض الوسطى :

أ ـ احراج البحر المتوسط : من الانواع النباتيـة القليلة الانتاج أشجار وشجيرات دائمة الخضرة بأقاليم البحر المتوسط ، ذات الرطوبة الشتوية ، والجفاف الصيفي الطويل ، لهذا تحتمي الاشجار باسقاط بعض أوراقها خلال الصيف رغم أنها أنواع دائمة الخضرة . وتتألف من خليط من الاشجار

القزمية ، اذ أن الأشجار الباسقة ظاهرة نادرة هنا ، بالاضافة الى الشجيرات والاعشاب • وجذوع الاشجار دائما غليظة ممتلئة ، يحفظها لحاء سميك مشقق ، من أشهر أنواعه البلوط الفليني ، وكذلك الاوراق مصممة لاغراض الاحتفاظ بالرطوبة بالاقتصاد في النتح ، فهي لذلك صغيرة شمعية الملمس ، من أمثلتها أشجار الزيتون •

وكثيرا ما تسود الشجيرات فوق مساحات واسعة ، وبكثافات كبيرة ، كالحال في ولاية كاليفورنيا الامريكية حيث يعرف هذا الغطاء النباتي باسم الشبرال chaprral وفي حوض البحر المتوسط حيث يعرف بالماكي maqui ، مثل هذه الشجيرات عديمة القيمة من الناحية الاقتصادية ، وترجع أهميتها الى حماية ما تحتها من الانجراف بفعل المياه الجارية . بالاضافة الى هذه الجهات ، توجد نباتات البحر المتوسط في القسم الاوسط من تشيلي وجنوب استراليا ومنطقة الرأس في جنوب افريقيا .

ب ـ الغابات العريضة الاوراق : وتوجد في العروض الوسطى الرطبة ، التي تشتهر أيضا بأنواع صنوبرية ابرية ترى مختلطة معها في كثير من الحالات ، الا أن هذه الانواع المخروطية تسود أكثر تجاه العروض العليا الباردة تجاه داخل القارات ، وكذلك بالجهات الاقل رطوبة أو الافقر تربة خاصة الانواع الرملية منها ، أو على المنحدرات الجبلية الوعرة ذات التربات الحصوية الحجرية الرقيقة ، والحرارة المتدنية ، فهنا تسود الاشجار الابرية على الاشجار العريضة الاوراق .

وتتنوع الغابة العريضة الاوراق في الجهات المعتدلة من حيث تركيبها النباتي تنوعا كبيرا ، كما تختلف الشجرة الغالبة من اقليم لآخر ، ففي الجهات المتطرفة الموقع تجاه القطبين تنتشر بينها المخروطيات بشكل يدعو بعض الباحثين الى تسميتها بالغابات المختلطة بدلا من الغابات العريضة الاوراق . ويمكن التمييز بين نوعين من الغابات العريضة الاوراق ، الاول يشغل الحواشي الخارجية تجاه العروض العليا وتسوده أشجار

البتولا birch والزان beech والاسفندان maple التي تختلط بأنواع ابرية أخرى مثل الشيكران hemlock وغيره من الصنوبريات ذات الاخشاب اللينة. أما النوع الثاني من الغابات العريضة الاوراق فيوجد تجاه العروض الوسطى ، وتسوده أشجار الفلين oak والقسطل chestnut والجوز الامريكي hickory والحور poplar .

وتتوزع هذه الغابات بشرق الولايات المتحدة واليابان وكوريا وجنوب شرق الصين، وأواسط روسيا وجنوب غرب سيبيريا ورومانيا وغرب أوربا وجنوب تشيلي وجنوب شرق استراليا ونيوزيلند، ونظرا لملاءمة العروض التي تنتشر بها الغابات العريضة الاوراق والمختلطة لاغراض الزراعة والعمران ، فقد أزيلت مساحات واسعة منها في كافة الاقطار ، فلم يتخلف عنها سوى بقايا محدودة بالبقاع الوعرة التي لا تصلح للزراعة .

معظم أشجار الغابة العريضة الاوراق من الانواع النفضية التي تتخلص من أوراقها في الشتاء ، أما في فصل النمو فتكتسي الاشجار ثوبا أخضر يانعا متجانسا ، كما تكتسي جذوعها بلحاء سميك يقيها النتح في فصل الجفاف ، أما الاوراق فرقيقة لا تلجأ لاية وسائل للاقتصاد في النتح حيث أنها تختفي في موسم البيات الشتوي . أما على الحواشي شبه المدارية الرطبة على مدار السنة ، أو حيث يقصر موسم الجفاف ، تنتشر الاشجار دائمة الخضرة، وأهم مناطقها جنوب اليابان وجنوب شرق الصين وأستراليا ونيوزيلند ، وتقترب هذه الغابات في مظهرها من الغابات المدارية حيث تسود الكثافة العالية والخضرة الدائمة والادغال التحتية بما فيها النباتات المتسلقة أما أنواع الاشجار فعظيمة التنوع ، ويسود بينها الفلين والكافور eucalyptus واللبخ acacia خاصة في نصف الكرة الجنوبي .

جـ ـ الغابات المخروطية الابرية الاوراق : وهي من الانواع الدائمة الخضرة رغم أن تساقط الاوراق عملية مستمرة على مدار السنة ، وفي بعض الانواع تعمر الاوراق مددا تتراوح بين خمس سنوات وأكثر قبل أن تذوي وتتساقط، وتنقسم الغابات الابرية الى نطاقين حسب خط العرض:

١ ـ الغابات شبه القطبية : تصل هذه الغابات أقصى اتساع لها حول الدائرة القطبيـــة الشمالية بكل من أوراســيا وأمريكا الشماليـــة ، فهناك تمتـــد الاشجار في نطاق شرقي وغربي متصل من ساحل المحيط الى ساحل المحيط المقابل ، ويطلق على هذه الغابات اسم التايجا Taiga وتنتهي أشجار الغابة شمالا الى الصحراء الجليديـــة الموحشة المعروفة باسم التندرا ، وتشكل التايجا في أوراسيا حزاما واحدا يعد من أطول مناطق الغابات على وجـــه الارض ، وتسوده أشجار اللاريس larch والراتنج spruce والشربين (fir) والصنوبر ، مع كثير من الانواع العريضـــة الاوراق كالحور الرومي alder والصفصاف willow والبتولا ولســـان العصفور (ash) ، التي تشاهد امـــا متناثرة بين الانواع الابرية ، أو في أكمات خالصـــة منها خاصة في مناطق الغياض والمستنقعات .

تربات التايجا من الناحية الواقعية جافـــة معظم أيام السنة ، فالتجمد يحول دون وجود المياه في حالة سائلة الا خلال موسم الصيف الذي يتراوح بين ثلاثة أشهر وخمسة ، وحتى في فصل الصيف تتعطل عملية الامتصاص نظرا للبرودة التي تظل كامنة بالتربة ، فضلا عن حموضتهـــا الشديدة ، وفي المنـــاطق المتطرفة تحول برودة الطقس دون نمـــو الاشـــجار بأحجام كبيرة ، وتتحول المستنقعات الى بيئة للطفيليات ، التي تكثر أيضا في ظل أشجار الغابة . ولا تشكل أوراق الاشجار المتساقطة ســـوى مصدر فقير للديال وهو المادة العضوية المتحللة التي تخصب التربة .

أما الحياة الحيوانية فمتنوعة ، ومن ثم فالصيد حرفة رئيسية ، وما زالت غابات التايجا في الاتحاد السوفييتي معقلا للحيوانات ذات الفراء كالدب والثعلب والذئب والسنجاب وغيرها .

٢ ـ ابريات العروض الوسطى : الى الجنوب من النطاق الســـابق بقارتي أوراسيا وأمريكا الشمالية تنتشر أنواع أفضل من الاشجار المخروطية ، الاكبر حجما ، والاكثر قربا لمناطق العمران ، ومن ثم كانت قيمتها أعظم

كمورد للاخشاب ففي غرب أمريكا الشمالية يمتد شريط منها على منحدرات الجبال التي تحف القارة من هذا الجانب في اتجاه شمالي ــ جنوبي حيث الامطار وفيرة ، مشتملا على سلاسل الجبال الساحلية ومرتفعات روكي من آلاسكا حتى الحدود المكسيكية ، وتعد غابات ألاسكا وغربي كندا في هذا النطاق أفضل الغابات الصنوبرية في العالم قاطبة ، فالاشجار ضخمة ، والنمو كثيف ، ونوعية الاخشاب جيدة ، وأشهر الاشجار هو نوع الشربين المعروف باسم Douglas fir الذي يبلغ قطر أشجاره المترين ، وارتفاعه سبعون مترا .

الى الشرق من جبال روكي تمتدالتايجا الى جنوب شرق كندا والولايات الامريكية المجاورة ، الا أن أفضل أنواع الغابات الصنوبرية هنا قد أزيل منذ زمن طويل ، فحلت محله في كثير من المواضع شجيرات ونباتات عديمة القيمة ، أما في أوروبا فما زالت الشجرة تحتل المنحدرات الجبلية للالب والكربات وغيرهما من المرتفعات ، بالاضافة الى بعض السهول الساحلية الرملية ، وكذلك الحال في سهول خليج المكسيك وساحل الاطلنطي من الولايات الامريكية الشرقية ، وهي الآن من أهم مصادر الاخشاب للولايات المتحدة .

الحشائش :

أ ــ **حشائش السافانا :** هي أنواع من الحشائش المدارية الحارة التي تظهر بنصفي الكرة فيما وراء نطاق الغابات المدارية المطيرة والخفيفة ، حيث يطول موسم الجفاف وتعلو درجات الحرارة ، ويعظم التبخر من التربة ، فتصبح الظروف غير مناسبة لنمو الشجرة ، فتحل الحشائش محلها ، وهي على أنواع مختلفة ، فمنها الحشائش الطويلة الغنية التي تتأثر فيها الاشجار ، وتتكاثف أحيانا بشكل يتعذر معه على المشاهد القول عما اذا كانت المنطقة غابات أو حشائش ، وتسمى لذلك بحدائق السافانا ، ومنها ما يختلط بالشجيرات القزمية ، ويتدرج في القعر حتى ينتهي الى النطاق الصحراوي .

ويتراوح ارتفاع الحشائش بمناطق السافانا الافريقية ما بين متر ونصف الى ثلاثة أمتار ، وهذا من الامور غير المعروفة بحشائش السافانا في أمريكا الجنوبيـــة ، حيث لا تبلغ الحشائش في أي مكان المتر الواحد طولا ، وتتناثر حتى لا تغطي أكثر من ٦٠٪ من المساحة الارضية . وتتميز أوراق حشائش السافانا عامـــة بقسوتها وخشونتها وملمسها الجليدي ، ولذلك فان الحشائش الغضـــة فقط هي التي يمكن للحيوانات البريـــة والداجنة رعيها ، ومن ثم فان أهالي تلك الجهـــات يحرقون الحشائش الذابلة المصفرة في نهاية الموسم كي تفسح المجـــال أمـــام نمو غض سخي في الموسم التالي مع بداية هطول المطر ، أمـــا على ضفاف الانهار التي تخترق تلك الجهات فتنمو أشجار متكاثفة تعرف بغابات الاروقة Galaria .

والسافانا تسمية افريقيـــة ، يناظرها اللانو في حوض الاورينوكو والكمبو في مرتفعات البرازيل بأمريكا الجنوبية ، هذه الحشائش مسرح لنوعين من الحيوانات ، آكلة العشب كالوعول وحمر الوحش والزراف ، وتمتاز بسرعة العدو لتتقي شر الفئة الاخرى ، وهي آكلة اللحوم كالاسد والنمر والفهد وما شاكلها . ومن ناحيـــة أخرى ، فان مناطق الحشائش المدارية أكثر ازدحاما بالبشر من مناطق الغابات المدارية المطيرة المجاورة ، حيث يمكن بالسافانا رعي الماشية ، وممارسة النشاط الزراعي لانتـــاج المحاصيل الغذائية والنقدية .

ب ــ حشائش العروض الوسطى : تنمو هذه الحشائش بالجهات شبه الجافة من الاجزاء الداخلية بمعظم القارات حيث تتراوح كمية الامطار ما بين ٢٥٠ مم و ٦٠٠ مم تسقط في أواخر الربيع والخريف ، وتدعى الاستبس في آسيا ، والفلد في جنوب أفريقيا ، والبراري بوســـط أمريكا الشمالية ، والبمبا فيأمريكا الجنوبية.ويتألف الغطاء النباتي منالحشائش والاعشاب التي يختلف مظهرها باختلاف الفصول ، ففي الربيع يكسو سطح الارض بساط أخضر تكثر به الزهور والابصال ، وفي الصيف تصفر النباتات وتيبس ، لتحترق تماما بنهاية ذلك الفصل ، وفي الشتاء تغطي الثلوج

بقايا النبات وتحمي جذوره من قسوة البرد حتى اذا ما أقبل الربيع بعثت من جديد ، وتعمل قلة الامطار وشدة الرياح المنطلقة فوق السهول على استبعاد الشجرة من هذه البيئة .

وضمن هذا الاقليم في قارة أمريكا الشمالية ، كانت حشائش البراري الغنية طويلة ، فكانت تتراوح بين متر ونصف ومترين ونصف ، وأحيانا أطول من ذلك لدرجة أن رعاة البقر الاول لم يكن بمقدورهم رؤية أنعامهم الا اذا وقف الواحد منهم منتصبا على ظهر حصانه . وتشكل مناطق حشائش العروض الوسطى الآن أفضل المراعي العالمية لتربية الماشية والاغنام ، وذلك بدلا من الحيوانات البرية التي كانت تعيش بمئات الآلاف هنا قبل دخول الرجل الابيض ، فالثور الامريكي الشهير كان يؤم أرجاء البراري في أمريكا الشمالية ، ولكنه انقرض أو كاد في الوقت الحاضر ، وكذلك الحال بالنسبة لاقليم الفلد في جنوب أفريقيا .

نبات الصحراء والتندرا :

ا ـ **الصحراء :** لعل القفر والجدب وندرة النبات هي أولى المعاني التي تتسارع الى الذهن عندما تذكر الصحراء ، ولكن هذا وان صح فان معظم الجهات الصحراوية تتمتع بنوع أو آخر من النبات الذي يوجد في بقاع متفرقة متباعدة ، بل أكثر من هذا قد توجد الاشجار بكثافات غير منتظرة على طول امتداد بطون الاودية الجافة ، أو على ضفاف الانهار الدخيلة ، أو حيثما اقتربت الرطوبة الجوفية من سطح الارض وحول الينابيع . وأشهر الانواع الاصلية أشجار الطرفة والاثل والسنط والطلح والرتم والنخيل .

غير أن الصحارى أساسا بيئة الشجيرات لا الاشجار ، وهي دائما من أنواع تهيأت فسيولوجيا لمقاومة صعاب البيئة من جفاف وملوحة ، فتراها تتباعد لتتمكن أفرادها من تصيد رطوبة أكبر مساحة ممكنة ، ومنها ما هو شوكي عديم الاوراق اقتصادا للنتح ، وان وجدت للبعض أوراق

كانت صغيرة شعرية الملمس ، أو مستقرة تحت طبقة دهنية كالغرقد والعرين ، ومنها ما هو بدين ممتلىء يمتص الرطوبة عند الوفرة ، ويخزنها في سوقه وأوراقه وجذوره كالصبار والتين الشوكي والابصال . كما أن منها ما يبدو ضامرا يابس العود أثناء الجفاف ، ولكنه يخرج عن ضموره ويخضر عقب الامطار كشجيرات الشيح والقيصوم .

هناك أنواع أخرى من النباتات تنمو فصليا عقب زخات المطر العشوائي ، فتنبت وتزهر وتثمر وتلقي بذورها خلال أسابيع الرطوبة القليلة ، وهي عادة رهيفة السوق والاوراق ، وجذورها رفيعة ضحلة ، وأزهارها كبيرة نسبيا ، وأينما ظهرت هذه النباتات في بقاع متفرقة من الصحراء غدت مرعى سخيا للحيوانات ، ولكنه مرعى قصير الاجل ، من بين هذه الحيوانات نذكر الظباء والارانب والضباب والافاعي والجرذان والذئاب .

ب ــ التندرا : وهي عبارة عن صحارى الجليد المقفرة ، وتمتد على سواحل المحيط القطبي الشمالي ، وتشمل شمال كندا وآلاسكا بأمريكا الشمالية ، وشمال اسكنديناوة وشمال روسيا بأوروبا ، وشمال سيبيريا بآسيا ، وهي مناطق شديدة البرودة على مدار السنة ، ويسقط عليها قليل من المطر على شكل ثلوج حتى في الصيف ، وتغطي الثلوج الارض أكثر من ثلثي السنة، فاذا حل الصيف ذابت الثلوج من على سطح الارض، فتدفأ التربة الى عمق قليل ، ولكن يبقى أسفلها متجمدا ، فلا تنمو غير النباتات ذات الجذور القصيرة ، كالاعشاب ومنها الطحالب والاشنة ، والنباتات ذات الازهار الجميلة المختلفة الالوان .

ويتخلل هذه المساحات العشبية عند مجاري الانهار شجيرات قصيرة لا يتجاوز طولها المتر الواحد ، وتحمل ثمارا تشبه التوت البري ، كما أنها تنمو حول البرك والمستنقعات التي تنشأ عن ذوبان الثلوج ، فتأوي اليها كثير من الطيور كالبط والبجع ، وتزدحم التندرا بهذه النباتات في أطرافها

الجنوبية حيث تندمج تدريجيا في نطاق الغابات المخروطية،وفي الاطراف الشمالية تتحول التندرا الى مساحات من الثلج الدائم ، والجدب المقيم .

والتندرا غنيــة بالحياة الحيوانيــة في الصيف حين تنمو الاعشــاب ، فتسرح قطعان الرنة وراء الكلأ في شمال سيبريا وأوروبا ، وشبيه بهــا حيوان الكاريبو في شمال كنــدا وآلاسكا ، كما توجد الدببــة والثعالب والقنادس ، والطيور ذات الريش الثمين والببغاوات القطبية ، وبيضها مصدر غذائي هــام لدى سكان تلك الاصقاع . كذلك تكثر الحشرات ، خاصة البعوض الذي تنتشر أسرابه بشكل مروع حول الغياض والمناقع ، مما يضطر السكان للهجرة الى الروابي فرارا من مضايقاته ولذعاته .

مصادر عربية وأجنبية

ابراهيم أحمد رزمانه وآخرون : أسس الجغرافيا الطبيعية • القاهرة •

عمر الحكيم : تمهيد في علم الجغرافيا • دمشق ، ١٩٥٨ •

محمد صفي الدين : قشرة الارض • القاهرة ١٩٥٧ •

محمد متولي : وجه الارض • القاهرة ، ١٩٤٥ •

Holmes, A., Principles of Physiczl Geology. London, 1965.

Finch, V. C., **et al,** Physical Elements of Geoopaphy. New York, 1957.

Kendall, H., **et al,** Introduction to Geography. New York, 1962.

King, C. A. M., **An** Introduction to Oceanography. New York, 1963.

Monkhouse, F. J., Principles of Physical Geography. London, 1965.

Strahler, A. N., Physical Geography. New York, 1960.

Van Riper, J. E., Man's Physical World. New York, 1962.

المحتويات

الصفحة

الصفحة

الفصل السادس

الفصل السابع

الفصل الثامن

الصفحة

بنك القارئ النهم

عزيزي القارئ.. املأ بيانات هذه البطاقة وأرسلها إلى عنوان دار الفكر ليتم تسجيلها في حسابك الخاص في بنك القارئ النهم، حيث يكون بإمكانك الحصول على نسخ مجانية من مطبوعاتنا تتناسب طرداً مع إقبالك على قراءة مطبوعات دار الفكر.

البيانات الدقيقة

تساعدنا على خدمتك بالشكل الأمثل

الاسم الثلاثي: ....

تاريخ ومكان الولادة: ....

المهنة: .... المؤهل العلمي: ....

الاهتمامات الفكرية والثقافية:

☐ علمية ☐ دينية ☐ أدبية ☐ تاريخية ☐ ....

العنوان: الدولة .... المدينة ....

....

....

ص.ب: .... الهاتف ....

الفاكس .... E-Mail ....

هل ترغب في الحصول على النشرات الإعلانية بشكل دائم؟ ☐ نعم ☐ لا

رأيك يهمنا !

الرجاء ملء البيانات بعد قراءة الكتاب

موضوع الكتاب:	☐ هام جداً	☐ هام	☐ غير هام
الأفكار:	☐ قيمة	☐ مقبولة	☐ غير مقبولة
الأسلوب:	☐ واضح	☐ مقبول	☐ غير مقبول
الإخراج الفني:	☐ ممتاز	☐ مقبول	☐ غير مقبول
الطباعة:	☐ جيدة	☐ مقبولة	☐ غير مقبولة
مرافقات الكتاب:	☐ جيدة	☐ مفيدة	☐ غير مفيدة
إصدارات الدار:	☐ هامة	☐ مقبولة	☐ غير مقبولة
متابعتك لها:	☐ دائماً	☐ أحياناً	☐ نادراً

اقتراحات: ....

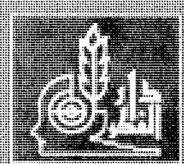
....

....



دارُ الفِكْرِ
للطباعة والتوزيع والنشر
سورية ـ دمشق ـ ص.ب: ٩٦٢
فاكس: ٢٢٣٩٧١٦ هاتف: ٢٢١١١٦٦ـ٢٢٣٩٧١٧

Dar al Fikr
Damascus-Syria



Dar al Fikr al Mu'asir
Beirut - Lebanon

مبادئ الجغرافيا الطبيعية

تقوم مادة (الجغرافية الطبيعية) على شرح الحقائق العلمية، مما يستدعي بذل المزيد من الجهد في استيعاب تفصيلاتها، لذلك كان لابد من أن تكتب بأسلوب سهل مشوق، مع إغناء المواضيع بأشكال توضيحية تعين على فهم المحتوى.

وسعياً من الدكتور المؤلف على تقديم كتاب عن (الجغرافية الطبيعية) بحجم مقبول، تناول:

الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية، وشكل الأرض وأبعادها، وطبيعة باطن الأرض وقشرتها، وعوامل تشكيل سطح الأرض، والأنماط التضاريسية الكبرى، والغلاف المائي، وتوزيع اليابس والماء، والنبات الطبيعي.

وتناول عناصر الطقس والمناخ دون معالجة التصنيفات المناخية المختلفة، وما يتمخض عنه كل تصنيف من تقسيم للعالم إلى أقاليم مناخية خاصة، كذلك الحال بالنسبة لموضوع التربة والنبات، فقد اكتفى في معالجتهما بذكر شيء عن العموميات الشاملة.

(مبادئ الجغرافية الطبيعية) كتاب غني بالمعلومات والأشكال التوضيحية، ولكن بحجم مقبول، وأسلوب واضح جذاب.

Rules of
Natural Geography
Mabādi' al-Jughrāfiah al-Tabī'iyyah
By: Dr. Salāh al-Dīn Bahīrī

ISBN 1-57547-323-2



http://www.Fikr.com/
E-Mail: info@Fikr.com